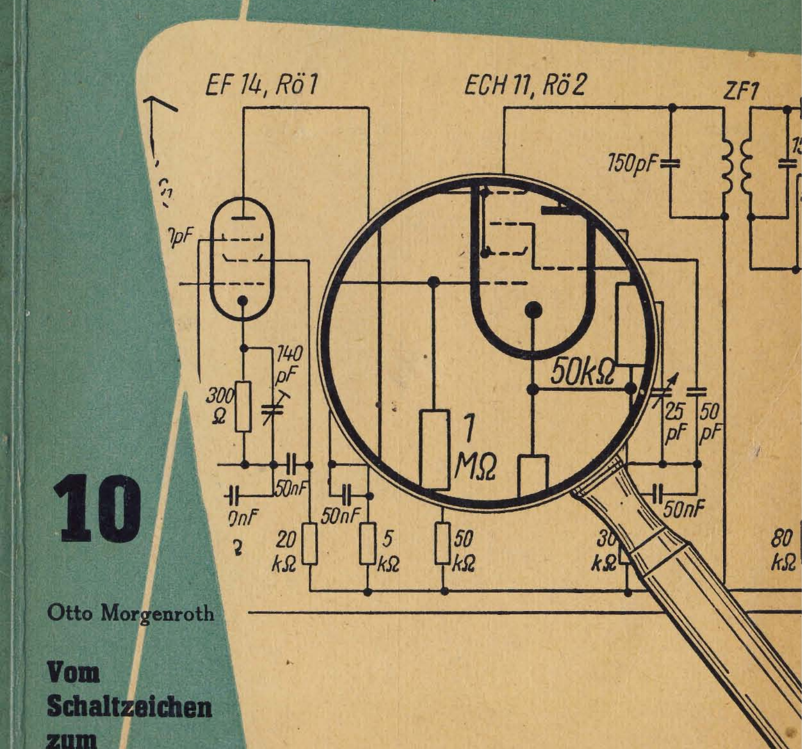
DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR



10

Otto Morgenroth

Vom Schaltzeichen zum Empfängerschaltbild

Der praktische Funkamateur · Band 10 · Vom Schaltzeichen zum Empfängerschaltbild

Otto Morgenroth

Vom Schaltzeichen zum Empfängerschaltbild



VERLAG SPORT UND TECHNIK 1959

Redaktionsschluß: 15. 7. 1959
Herausgegeben vom Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin
 · Gedruckt in der Deutschen Demokratischen Republik · Lizenz-Nr. 545/63/59 5/I 1425

VORWORT

Der junge Radiobastler und künftige Funkamateur der Gesellschaft für Sport und Technik muß die in der Schaltungstechnik üblichen, genormten Schaltzeichen und deren Bedeutung genau kennen. Wie könnte er sonst ein Schaltbild begreifen, die einem Bauelement zugeordnete Aufgabe beurteilen und den Aufbau eines Empfängers verstehen? Selbst eine ganz einfache Schaltung stellt die Aufgabe, Schaltzeichen lesen zu können.

Die vorliegende Schrift soll dem Zweck dienen, den Anfänger in die Technik des Schaltbildlesens einzuführen. Sicher wird der behandelte Stoff auch dem Lehrausbilder sowie dem Lehrling von Nutzen sein. Im polytechnischen Unterricht der Schulen kann die Anleitung ebenfalls gute Dienste leisten.

Der besseren Übersicht halber sind die Schaltzeichen jeweils am äußeren Rand der Buchseiten abgebildet. Die entsprechenden Erläuterungen wurden hinzugefügt.

An Hand von Prinzipschaltbildern für Teilschaltungen, Schaltgruppen und vollständige Schaltungen wird die Anwendung der Schaltsymbole aufgezeigt. Ferner werden Wirkungsweise, Aufbau und Anwendung sowohl der einzelnen Bauelemente als auch der genannten Schaltungen betrachtet.

Der Verfasser hofft, daß die Broschüre zum besseren Verständnis der Schaltungstechnik beiträgt und den Beifall der Leser findet.

Sonneberg/Thür., 1. Juli 1959

Der Verfasser

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Seite

I. EINLEITUNG

In der Radiotechnik wurden ursprünglich die Schaltzeichen für die Bauelemente eines Funkgerätes teilweise bildlich dargestellt. Bald zeigte sich jedoch die Unzweckmäßigkeit dieses Verfahrens. Im Laufe der Zeit wurde zu einer Vereinfachung und Vereinheitlichung der bisher wenig übersichtlichen Darstellung übergegangen, zumal die Schaltbilder, durch den Fortschritt der Technik bedingt, immer umfangreicher und komplizierter geworden waren. Heute ist ein System geschaffen, das allen Bedürfnissen der fortschrittlichen Funktechnik gerecht wird. Das moderne Schaltbild ist durch normgerechte Symbole gekennzeichnet. Von diesen wird auch in unserer Anleitung Gebrauch gemacht. Die verwendeten Schaltzeichen entsprechen dem letzten Stand der Normung bei Fertigstellung des Manuskripts.

Was ist ein Schaltzeichen, ein Schaltbild, eine Schaltung? In der Tat, diese Fragen müssen erst einmal beantwortet werden! Ein **Schaltzeichen** ist eine einfache sinnbildliche (symbolische) zeichnerische Darstellung der verschiedenen Bauelemente und Zubehörteile eines Funkgerätes, von Leitungen, Antennen u. a. m. Ein jedes Schaltzeichen definiert nur **ein** Bauelement. Die sinngemäße Zusammenstellung der durch gerade Linien miteinander verbundenen Schaltzeichen ergibt das **Schaltbild.** Mit anderen Worten: Das Schaltbild oder Schaltschema ist eine zur Einheit gefügte zeichnerische Darstellung der durch Symbole gekennzeichneten Bauelemente. Diese Einheit stellt in der Praxis eine Schaltung dar, die Zusammenfassung einzelner Bauteile und Baugruppen durch Verdrahtung zu einem Empfänger, Sender, Verstärker usw. Der Begriff „Schaltung" ist gewissermaßen doppelsinnig, da häufig auch die Schaltzeichnung, das Schaltschema als Schaltung bezeichnet wird. Wenn wir von „Schaltung" sprechen, dann ist damit der Aufbau des Gerätes gemeint. Wie schon angedeutet, ist die Übersichtlichkeit eines Schaltbildes von großem Wert. Sie erleichtert die

Beurteilung einer Schaltung und die konstruktive Ausführung des geplanten Gerätes.

In der Reihenfolge der Stufen, z. B. Hochfrequenzverstärker – Mischstufe – Zwischenfrequenzverstärker – Demodulator – Niederfrequenzverstärker – Netzgleichrichter, entspricht das Schaltbild dem Schaltungsaufbau. Über die konstruktive Anordnung der einzelnen Bauteile gibt das Schaltschema keinen Aufschluß. Die Schaltung der Bauteile kann nicht der zeichnerischen Darstellung gemäß angeordnet werden. Beim Bau eines Empfängers ist zu beachten, daß Teile, die von „außen" bedient werden müssen, also Wellenschalter, Drucktasten, Lautstärke- und Klangregler, u. U. auch Abstimm- und Rückkopplungskondensator, an der Vorderfront des Chassis montiert werden. Dabei wird meist eine symmetrische Anordnung angestrebt. Da die Verbindungsleitungen kurz zu halten sind, müssen die organisch zugehörigen Bauelemente in unmittelbarer Nähe der genannten Einstell- und Regelorgane untergebracht werden. Diese Bedingungen sind auch hinsichtlich der Ein- und Ausgänge an der Chassisrückseite, wie Antennen- und Erdanschluß, Anschlüsse für Tonabnehmer, Tonbandgerät und Außenlautsprecher zu berücksichtigen.

Ob eine **Leitung** „kritisch" ist und daher möglichst kurz sein muß oder nicht willkürlich verlegt werden darf, dafür finden wir im Schaltbild ebenfalls keine Anhaltspunkte. Unter einer „kritischen" Leitung verstehen wir eine solche, die unerwünschte Kopplungen oder sonstige Störungen herbeiführen kann. Ebenfalls kann sie selbst ungünstig beeinflußt werden. Ein stets zu beachtender Grundsatz ist, daß alle Hochfrequenz und Tonfrequenz führenden Leitungen auf kürzestem Wege zu verlegen sind, bzw. die Bauteile so angeordnet werden, daß sich zwangsläufig kürzeste Leitungsverbindungen ergeben. Diese Maßnahme bezieht sich also auf alle Gitter- und Anodenleitungen, Leitungen von Spulen zu den Abstimmitteln (Drehkondensatoren, Abstimmvariometern) und Wellenschaltern, Leitungen zum Lautstärke- und Klangregler, die Zuleitung zum Antennenanschluß und Leitungszweige mit Überbrückungskondensatoren. Weiter müssen wir unbedingt vermeiden, daß diese kritischen Leitungen in geringen Ab-

ständen parallel verlaufen oder an einzelnen Stellen zu nahe beieinander liegen. Gegebenenfalls sind abgeschirmte Leitungen zu verwenden.

Den Erdungspunkten ist ebenfalls Aufmerksamkeit zu schenken. Im Schaltbild sind sie nicht definiert. Wir beachten, daß bei der Verdrahtung von Geräten mit mehr als einem Hochfrequenzkreis die Erdung für jede Stufe an einem gemeinsamen Punkt des Metallchassis oder der Erdschiene erfolgt. In Kurz- und Ultrakurzwellenschaltungen ist diese Maßnahme unbedingt erforderlich. Zu einem gemeinsamen Erdpunkt werden also jeweils das kalte Ende (Erdende) der Spulen, der Rotor des Abstimmkondensators, der Gitterwiderstand, der Katodenwiderstand und die Schirmung der Überbrückungskondensatoren geführt. Diese „Masseverbindungen“ sollen mit nicht zu schwachem Draht ausgeführt werden.

Aus allen diesen Gesichtspunkten heraus ergeben sich für den Anfänger naturgemäß Schwierigkeiten. Er wird sich nach und nach die Kenntnisse der Schaltungstechnik aneignen müssen, die ihn befähigen, ein einwandfreies Gerät aufzubauen und zu schalten. Eine Schaltung muß mit Überlegung entworfen und den schaltungstechnischen Grundsätzen entsprechend aufgebaut werden.
Nun noch einige Hinweise, die von jedem Anfänger beachtet werden sollten:

Beginne mit dem Entwurf und dem Bau eines einfachen Empfängers, eines Detektorgerätes, eines Geradeausempfängers.

Hast du Erfahrung gesammelt, dann versuche dein Können an einem Kleinsuper.

Arbeitet dieses Gerät einwandfrei, steht dir der Weg zum Mittelsuper offen.

Der Bau des Großsupers verlangt viel Können, denn mit jeder weiteren Funktion und mit größerem Komfort wachsen die Schwierigkeiten.

Strebe eine amateurmäßige Qualifikation an. Auf die Dauer kann eine reine Basteltätigkeit nicht befriedigen.

II. Die in der Empfangstechnik gebräuchlichen Schaltzeichen; Wirkungsweise, Aufbau und Anwendung der dargestellten Bauelemente

1. Leitung

1.1 Leitung, allgemein

Leitung, allgemein

Im Schaltbild werden – je nach dem Charakter der Darstellung – sämtliche Leitungen als einfache gerade Linien gezeichnet, oder es werden Symbole verwendet, die einer speziellen Art der Leitung entsprechen.
Der Begriff Leitung umfaßt im wesentlichen die elektrische Verbindung einzelner Bauteile oder Baugruppen, Masseverbindungen und Zuleitungen innerhalb des Gerätes.
In der herkömmlichen Schaltungstechnik ist das Leitermaterial Kupferdraht. Der Querschnitt der Leitung ist den jeweiligen Erfordernissen anzupassen. Der Leitungswiderstand soll so gering wie möglich gehalten werden. – Für längere flexible (biegsame) Leitungen ist Litzendraht gebräuchlich.
Um bei gegenseitiger Berührung auftretende Kurzschlüsse oder sonstige Beeinflussungen zu vermeiden, werden isolierte Drähte verwendet. Das Isoliermaterial ist ein thermoplastischer Kunststoff oder mit Lack getränktes Textilgewebe (Rüschschlauch).
Ein neuartiges Verfahren der Leitungsführung ist die „gedruckte Schaltung". Als Leitungsträger dienen Kunststoffplatten (Schichtpreßstoffe, z. B. Hartpapier), die mit einer Kupferfolie überzogen sind. Bei einer der mannigfachen Ausführungen wird auf dieser das Verdrahtungsmuster mit säurefester Tinte oder Tusche aufgedruckt. Danach werden die nicht bedruckten Partien der Folie in einem Säurebad aufgelöst, so daß eine gedruckte „Verdrahtung" übrigbleibt.

a)

b)

1.11 Geschirmte Leitung

Geschirmte Leitung

Das Schaltzeichen a) wird vorzugsweise für kurz gezeichnete

einadrige Leitungen, das Symbol b) für lang gezeichnete, ein- und mehradrige Leitungen verwendet.
Die geschirmte (abgeschirmte) Leitung besteht aus isoliertem Draht, der in einem metallischen Geflecht, vorwiegend Kupfer oder Kupferbronze, eingebettet ist. Diese Leitung wird dann verwendet, wenn sich längere, hochfrequenz- oder tonfrequenzführende Verbindungen nicht vermeiden lassen. In der Praxis beschränkt sich die Anwendung der geschirmten Leitung auf Verbindungen zum Tonabnehmeranschluß, Lautstärke- und Klangregler sowie auf Gitter- und Anodenleitungen. Der Abschirmmantel muß sorgfältig geerdet werden.

Verdrillte Leitung

1.12 Verdrillte Leitung

Diese Leitung besteht aus zwei isolierten Drähten. Durch die Verdrillung heben sich die elektrischen Felder, welche andere Leitungen beeinflussen können, gegenseitig auf.
Die verdrillte Leitung ist in der Hauptsache für Wechselstrom führende Heizleitungen gebräuchlich.

Leitungskreuzung

1.2 **Leitungskreuzung**

Dieses Schaltzeichen ist durch die Art der Darstellung eines Schaltchemas bedingt. Leitungskreuzungen lassen sich in diesem zwar teilweise vermeiden, doch würde das Schaltbild an Übersichtlichkeit verlieren. – Wie das Symbol erkennen läßt, darf in der Schaltung eine metallische Berührung von Leitungen nicht stattfinden.

Leitungsverbindung



1.3 **Leitungsverbindung**

Das Symbol stellt die elektrische Verbindung von zwei oder mehreren Leitern dar. Sie kann durch Löten, Schweißen oder

Verschrauben erfolgen. Die Verbindung muß einwandfrei sein, um Übergangswiderstände zu vermeiden.

2. Masse, Erdung, Antenne

Masse, Körper

2.1 Masse

In einem funktechnischen Gerät wird die Masse durch das Metallchassis oder eine Erdschiene (Leitung mit großem Querschnitt) dargestellt. Die Masse ist im allgemeinen der gemeinsam geerdete Leiter (Nulleiter).



Erdung

2.2 Erdung

Das Symbol kennzeichnet den Anschluß eines Gerätes mittels einer Erdleitung an einen Erdungspunkt. Dieser soll einen geringen Erdungswiderstand aufweisen. Meist haben Wasserleitungsrohrnetze und einwandfreie Blitzableiter kleine Widerstände. Der Querschnitt der Verbindungsleitung (Erdleitung) zum Erdpunkt muß möglichst groß sein.



Antenne

2.3 Antenne

Das Schaltzeichen wird für sämtliche Ausführungsformen mit Ausnahme des Dipols und der Ferritstabantenne verwendet. (Für letztere ist eine Darstellung gebräuchlich, die dem Symbol einer Spule mit Massekern entspricht, siehe 3.33).



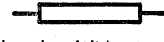
Dipol

2.31 Dipol

Das Symbol ist für alle Ausführungsformen gültig. Der Dipol ist eine symmetrische Antenne, die aus einem gestreckten oder gefalteten, in der Mitte unterbrochenen Draht bzw. einem entsprechenden Metallrohr besteht (einfacher oder gestreckter Dipol, Falt- oder Schleifendipol). Die Länge des Dipols ist allgemein Wellenlänge/2 ($\lambda/2$). Mit Ausnahme des Ringdipols besitzen Dipole, besonders mit zusätzlichen Antennenelementen – Reflektor; Reflektor und Direktor(en) –

eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Richtwirkung. Bei dem Anschluß einer Dipolantenne muß deren Fußpunktwiderstand berücksichtigt werden, um optimale Anpassung an die Energieleitung (Bandkabel, Koaxialkabel) zu erzielen.

3. Bauelemente



Ohmscher Widerstand allgemein

3.1 Ohmscher Widerstand

Der Ohmsche Widerstand ist ein Bauelement, das einen Spannungsabfall hervorruft, wenn es in einen Stromkreis geschaltet wird.
Die Anwendung des Widerstandes – Symbol R, Maßeinheit Ohm (Ω) – ist sehr vielseitig. In der Funktechnik werden Schicht-, Masse- und Drahtwiderstände verwendet. Außer festen Widerständen werden einstellbare (veränderbare) und selbsttätig regelnde Ausführungen benutzt.
Schichtwiderstände bestehen aus einem zylindrischen keramischen Körper, auf dessen Oberfläche eine dünne Kohlenstoff- oder kristalline Glanzkohleschicht aufgebrannt ist. Durch Einschleifen einer Wendel kann zur Widerstandserhöhung die Oberfläche in ein Band aufgeteilt werden. Gegen äußere Einflüsse besitzen Schichtwiderstände einen farbigen Lacküberzug. Als Anschlüsse dienen mit Drähten oder Fahnen versehene Schellen und Kappen.
Die in den Rundfunkempfängern gebräuchlichen Schichtwiderstände sind zwischen 0,1 und etwa 2 Watt belastbar.
Der Massewiderstand ist ein aus einem Gemisch von kleinsten Partikeln leitfähigen Materials und einem isolierenden Bindemittel geformter Widerstand. Diese Ausführung wird neuerdings – als kappenloser Widerstand – in Transistorschaltungen und bei gedruckter Verdrahtung verwendet.
Bei Drahtwiderständen ist ein Isolierträger aus keramischem Material mit oxydiertem Widerstandsdraht (Konstantan, Nickelin, Chromnickel) bewickelt. Die Widerstandswerte dieser Ausführung sind auf einige Kiloohm begrenzt.
Drahtwiderstände werden dort angewendet, wo es auf große Belastbarkeit ankommt. Glasierte oder zementierte Ausführungen sind für extrem hohe Belastung bestimmt.

Festwiderstände werden in Empfangsschaltungen als Anoden- und Gitterwiderstand, Ableitwiderstand, Siebwiderstand, Dämpfungswiderstand, Belastungswiderstand und Vorwiderstand verwendet.

Widerstand mit Anzapfungen

3.11 Widerstand mit Anzapfung(en)

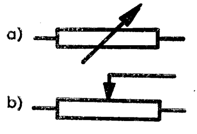
Für diese Bauart kommen meist Drahtwiderstände in Betracht.
Die Anwendung dieses „festen Spannungsteilers" erstreckt sich im wesentlichen auf die Erzeugung der Gittervorspannung für die Endröhre einer Verstärkerschaltung.



Fest einstellbarer Widerstand

3.12 Fest einstellbarer Widerstand

Die Einstellung dieses Spannungsteiler-Widerstandes erfolgt beim Abgleich oder Trimmen, also nicht betriebsmäßig.
Häufig wird der fest einstellbare Widerstand als „Entbrummer" verwendet. Er wird parallel zu den Heizfäden direkt geheizter Röhren, die mit Wechselstrom gespeist werden, geschaltet. Dadurch ist dann ein eindeutiges Nullpotential in der Mitte des Spannungsteilers geschaffen, so daß sich Störspannungen aufheben. Im Aufbau entspricht dieser Widerstand dem eines Drehwiderstandes (3.13). Es werden sowohl Schicht- als auch Drahtwiderstände verwendet.



Stetig verstellbarer Widerstand

3.13 Stetig verstellbarer Widerstand

Das Schaltsymbol a) ist für den stetig regelbaren Widerstand allgemein vorgesehen; das Schaltzeichen b) sollte für die spezielle Darstellung des Drehreglers (Potentiometer) verwendet werden. Gegenwärtig finden wir jedoch vorwiegend a) auch für das Potentiometer vor.

Dieses ist ein stetig (kontinuierlich) regelbarer Spannungsteiler. Die verfügbare Spannung liegt an den beiden äußeren Enden der Widerstandsbahn, mit A = Anfang und E = Ende bezeichnet. Mittels eines Schleifers S wird die Spannung abgegriffen. Somit kann ein beliebiger Widerstandswert innerhalb des Gesamtwiderstandes abgegriffen werden. Vorzugsweise sind hochohmige Schichtwiderstände, mit einer Belastung von maximal 2 Watt, gelegentlich auch Drahtwiderstände gebräuchlich.

Je nach dem Verwendungszweck ist die Regelkennlinie, welche die Abhängigkeit des Widerstandswertes vom Drehwinkel kennzeichnet, verschieden. Bei der linearen (arithmetischen) Regelkurve ist die Widerstandskurve dem Drehwinkel proportional, bei der Kurve mit positivem oder negativem logarithmischem (exponentiellem) Regelbereich ist dieser am Anfang oder am Ende zusammengedrängt. Potentiometer mit linearer Widerstandskurve werden zur Rückkopplungsregelung im Pentodenaudion verwendet. Für Lautstärke- und Klangregelung sind Potentiometer mit logarithmischer Charakteristik üblich.



Widerstand mit stetig selbsttätiger Verstellbarkeit

3.14 Widerstand mit stetig selbsttätiger Verstellbarkeit

Die hier interessierenden Vertreter der Widerstände, die selbsttätig ihren Widerstandswert verändern, sind die Thermistoren (Heißleiter) und die Varistoren (VDR-Widerstände).

H e i ß l e i t e r bestehen aus Mischoxyden (Magnesium-Titan-Spinelle) und haben die Größe eines 1- oder 2-Watt-Schichtwiderstandes. Da dieses Bauelement temperaturabhängig ist – der Temperaturbeiwert ist negativ –, nimmt der Widerstand mit zunehmender, etwa durch Stromdurchgang hervorgerufener Erwärmung ab. Das Verhältnis des Kaltwiderstandes zum Warmwiderstand liegt in der Größenordnung 100 : 1. Der Heißleiter ist in nahezu allen Netzteilschaltungen für Allstromempfänger vorzufinden. Er hat den beim Einschalten des Empfängers auftretenden Stromstoß

abzufangen und verhindert somit das Durchbrennen der Skalenbeleuchtungslampen.
Varistoren (**V**ari**a**ble **R**es**istors**) sind kreisförmige Scheiben aus Siliziumoxyd. Dieser Halbleiterwiderstand ist spannungsabhängig, d. h., sein Widerstand wird von der angelegten Spannung bestimmt. Aus diesem Grunde wird der Varistor auch als VDR-Widerstand (**V**oltage **D**ependent **R**esistor) bezeichnet.
Das Anwendungsgebiet ist vielseitig; am häufigsten wird er verwendet, um Spitzenspannungen zu unterdrücken und Spannungen zu stabilisieren.



3.2 Kondensator (Kapazität)

Kondensator, allgemein

Der Kondensator (Symbol C, Maßeinheit Farad F) hat die Eigenschaft, beim Anlegen einer Spannung elektrische Ladung zu speichern. Für Gleichstrom ist er praktisch undurchlässig, so daß der Kondensator wie ein unendlich großer Widerstand wirkt. Gegenüber Wechselstrom bildet er einen frequenzabhängigen Blindwiderstand. Dieser kapazitive Widerstand nimmt mit steigender Frequenz ab.
Dem Aufbau entsprechend sind feste und veränderliche (verstellbare) Kondensatoren, hinsichtlich der verschiedenen Dielektrika, Papier-, Metallpapier-, Kunststoff-Folien-, Keramik- und Luftkondensatoren zu unterscheiden. Eine Sonderstellung nehmen die Elektrolytkondensatoren ein.
Das Kennzeichen des Papierkondensators ist das aus einer Papierfolie bestehende Dielektrikum. Der Einbau der präparierten Kondensatorwickel geschieht in Hartpapier-, Porzellan- oder Glasrohren, die beiderseits mit einer Vergußmasse geschlossen sind, oder zylindrischen Kunststoffgehäusen. Kondensatoren mit großen Kapazitätswerten haben mehrere parallelgeschaltete Wickel, welche meist in einem verlöteten kubischen oder flachen Metallgehäuse untergebracht sind. Bei tropenfesten Ausführungen, den Sikatropkondensatoren, sind die Wickel in Calitrohre eingegossen. Diese werden mittels aufgelöteter Metallkappen vollkommen dicht abgeschlossen.

Während beim herkömmlichen Papierkondensator als Beläge Aluminiumfolie verwendet wird, bildet beim Metallpapierkondensator (MP-Kondensator) eine auf Papier aufgedampfte Metallschicht den Belag. In dieser Bauweise liegen einige beachtliche Vorzüge: das durch einlagige Wicklung bedingte geringe Volumen und die Fähigkeit, sich selbst zu regenerieren.
In Empfängerschaltungen werden Papierkondensatoren im wesentlichen als Siebkondensatoren in Anoden- und Gitterleitungen, als Kopplungskondensatoren in NF-Stufen sowie als Entkopplungs-, Ableit-, Schirmgitter- und Schutzkondensatoren verwendet.
Bei Kunststoff-Folien- oder Styroflexkondensatoren besteht das Dielektrikum aus einem thermoplastischen Kunststoff, meist Polystyrol (Styroflexfolie). Diese Art wird vorzugsweise als Nacktwickel verwendet. Wegen der ausgezeichneten elektrischen Eigenschaften eignet sich dieser Kondensator, im Gegensatz zum Papierkondensator, bestens für die Verwendung in Hochfrequenzkreisen.
Das Kennzeichen des keramischen Kondensators ist das aus keramischen Sondermassen bestehende Dielektrikum, auf welches als Beläge gut leitende Edelmetallschichten, vorwiegend Silber, aufgebrannt sind. Da die Zuführungen in Form von Drähten oder Fahnen an die Beläge angelötet sind, ist der keramische Kondensator vollkommen kontaktsicher.
Die gebräuchlichen Formen sind die Rohr-, Scheiben-, Pillen- und Perlform.
Durch eine hochwertige Lackierung werden die Kondensatoren vor Luftfeuchtigkeit geschützt. Die Farbe des Lacküberzugs ist eine Kennfarbe für das Dielektrikum:

rot	Calit	(Ci)	Type 221	DIN 41370
orange	Tempa S, S_1	(ST, ST_1)	Type 320	DIN 41371
dunkelgrün	Tempa X	(XT)	Type 331	DIN 41373
gelb	Condensa N	(NCo)	Type 311	DIN 41374
dunkelblau	Condensa F	(FCo)	Type 310	DIN 41376
braun	Epsilan	(E 7000)	Type 351	DIN 41379

Keramische Kondensatoren können überall dort verwendet

werden, wo Ansprüche an geringe dielektrische Verluste, hohen Isolationswiderstand, große Spannungsfestigkeit und gute Kapazitätskonstanz gestellt werden.

G l i m m e r k o n d e n s a t o r e n (Dielektrikum Kaliglimmer) und feste L u f t k o n d e n s a t o r e n (Dielektrikum Luft) sind in Empfangsschaltungen nicht mehr gebräuchlich.

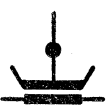
Verstellbare (veränderliche) Kondensatoren und Elektrolytkondensatoren werden in den durch ihre Symbole gekennzeichneten Abschnitten besprochen.



Kondensator mit Darstellung des Außenbelags

3.21 Kondensator mit Darstellung des Außenbelags

Der Außenbelag ist mit dem, den inneren Belag statisch abschirmenden äußeren Belag identisch. Bei Rohr- und Rollkondensatoren geschieht die Kennzeichnung des Schirmanschlusses, der in der Schaltung an Masse bzw. an das geringere Potential gelegt wird, durch eine Strichmarkierung.



3.22 Durchführungskondensator

Durchführungskondensator

Dieser Kondensator ist dadurch gekennzeichnet, daß sein Außenbelag leitend mit dem Metallchassis, durch dessen Wände der Kondensator hindurchgeführt wird, verbunden ist. Die Befestigung geschieht mittels einer Mutter. – Dem Durchführungskondensator kommt besonders in Kurzwellen- und Ultrakurzwellenschaltungen Bedeutung zu.



Fest einstellbarer Kondensator (Trimmer)

3.23 Fest einstellbarer Kondensator

Fest einstellbare Kondensatoren sind die T r i m m e r. Es

sind zwei Ausführungen gebräuchlich, der keramische Scheibentrimmer und der Rohr- oder Schraubtrimmer.

Der erstere besteht aus einem keramischen Sockel (Stator) und einer auf diesem drehbar angeordneten Keramikscheibe (Rotor). Auf der Oberseite beider Teile sind, etwa halbkreisförmig, Silberbeläge aufgebrannt. Durch Drehen des Rotors mit einem isolierten Schraubenzieher ist die durch die Anfangs- und Endkapazität begrenzte Trimmerkapazität einstellbar.

Die andere Art besteht aus einem dünnen Blechzylinder (Stator) und einem in diesem auf einer Gewindespindel drehbaren, massiven zylindrischen Metallstab (Rotor). Zwischen den beiden „Belägen" befindet sich eine Polystyrolfolie (Styroflex) als Dielektrikum. Bei völlig eingedrehtem Rotor ist die maximale Kapazität eingestellt.

Trimmer dienen nur zum einmaligen, festen Einstellen der Kapazität. Sie werden hauptsächlich zum Abgleich von Schwingkreisen und zur Gleichlaufkorrektur verwendet.



Kondensator mit stetiger Verstellbarkeit (Drehkondensator)

3.24 Kondensator mit stetiger Verstellbarkeit

Stetig (kontinuierlich) veränderbare Kondensatoren sind die Drehkondensatoren. Es werden, je nach dem Dielektrikum, Luft- und Hartpapier-Drehkondensatoren unterschieden.

Grundsätzlich besteht dieses Bauelement aus einem festen und einem beweglichen Plattensystem, Stator und Rotor. Bei der ersten Art sind diese durch einen hochwertigen Isolierstoff, meist Calit, voneinander isoliert. Die Kapazitätsveränderung wird durch Drehen des auf einer Achse befestigten Rotorpaketes erzielt. Mittels des Drehkondensators

lassen sich sämtliche Kapazitätswerte innerhalb der Anfangs- und Endkapazität kontinuierlich einstellen.

Der Kapazitätsverlauf wird durch den Plattenschnitt bestimmt. In der Empfangstechnik ist heute vorzugsweise der logarithmische Schnitt gebräuchlich.

Durch Zusammenfügen mehrerer Drehkondensatoren entsteht ein Mehrfach-Drehkondensator (Zwei- oder Dreigang-Drehkondensator). Die äußeren Rotorplatten der auf einer gemeinsamen Achse sitzenden Rotorpakete sind mit radialen Einschnitten, einer „Fiederung", versehen; sie dient zum Abgleich des Gleichlaufs der Teilkondensatoren.

Drehkondensatoren mit Luftdielektrikum finden in allen Empfängerschaltungen mit kapazitiver Abstimmung Verwendung.

Die Güte des Hartpapierkondensators ist auch bei Anwendung von Kunststoff-Folie als Dielektrikum nicht groß, so daß er im allgemeinen nur als Rückkopplungskondensator in Geradeausempfängern gebräuchlich ist.



Doppelkondensator mit stetiger Verstellbarkeit (Differentialkondensator)

3.241 Doppelkondensator mit stetiger Verstellbarkeit

Diese Bauart besteht aus zwei festen, gegenüberliegend angeordneten Plattensätzen (Statoren) und einem dazwischen angebrachten drehbaren Plattensatz (Rotor). Durch Drehen des Rotors wird die Kapazität zwischen Stator 1 und Rotor größer, zwischen Stator 2 und Rotor kleiner bzw. umgekehrt. – Dieses Bauelement, das als Differential-Drehkondensator bezeichnet wird, wirkt als kapazitiver Spannungsteiler.

Er wird für hochfrequenzseitige Lautstärkeregelung und zur Rückkopplungsregelung in Geradeausempfängern verwendet.



Doppelstatorkondensator mit stetiger Verstellbarkeit (Doppelstator-Drehkondensator, Split-Stator-Drehkondensator)

3.242 Doppelstator-Kondensator mit stetiger Verstellbarkeit

Dieser Doppelstator-Drehkondensator, auch als Split-Stator-Drehkondensator bezeichnet, besitzt zwei in einer Ebene angeordnete, getrennte Statoren, in welche die auf einer gemeinsamen Achse befestigten, elektrisch miteinander verbundenen Rotoren eingreifen. Diese liegen, im Gegensatz zum einfachen Drehkondensator, nicht an Masse. Die Anordnung hat den Vorzug, daß keine Kontaktabnahme an beweglichen Achsen stattfindet. Beide Anschlüsse erfolgen an den Statoren.

Diese Kondensatorart wird im UKW- und Kurzwellengebiet verwendet.



Gepolter Elektrolytkondensator

3.25 Elektrolytkondensator, gepolt

Der Aufbau des Elektrolytkondensators unterscheidet sich wesentlich von den unter 3.2 besprochenen Kondensatoren. Bemerkenswert ist, daß der eine Belag durch einen Elektrolyten, einen chemischen Stoff, dargestellt wird. Der andere Belag ist eine Aluminiumfolie und das Dielektrikum eine auf dieser befindliche, auf elektrochemischem Wege erzeugte Oxydschicht. Eine zweite Aluminiumfolie dient lediglich als großflächige Stromzuführung. Der Elektrolyt ist in einer Folie aus saugfähigem Papier gespeichert. Wie bei einem Papierkondensator sind Metall- und Papierfolien zu einem Wickel zusammengefaßt. Dieser ist in einem zylindrischen Aluminium- oder Kunststoffbecher oder einem

beiderseits mit Vergußmasse geschlossenen Pertinaxrohr untergebracht.

Zum besseren Verständnis des Aufbaus eines gepolten Elektrolytkondensators ist ein Aufbauschema abgebildet.

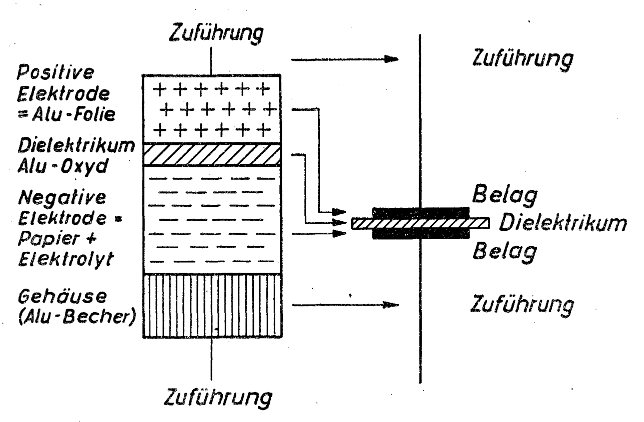
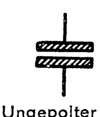


Bild 1 Aufbauschema eines gepolten Elektrolytkondensators

Der Elektrolytkondensator darf nicht mit reinem Wechselstrom betrieben werden. Bei gepolten Kondensatoren ist die auf dem Gehäuse angegebene Polarität unbedingt zu beachten. Falscher Anschluß führt zur Zerstörung. Bei kleinem Volumen besitzt dieses Bauelement eine große Kapazität. Es sind sowohl Hochvolt- als auch Niedervolttypen gebräuchlich (Betriebsspannungen zwischen 350 und 500 Volt bzw. 6 und 100 Volt). Die außer dem Kapazitätswert auf dem Kondensatorgehäuse aufgedruckten Spannungswerte bezeichnen die Nennspannung (Betriebsspannung) und die Spitzenspannung. Diese darf maximal 1 Minute am Kondensator liegen.

Gepolte Elektrolytkondensatoren werden als Lade- und Siebkondensatoren in Netzgleichrichterschaltungen, als Siebkondensator für die Gittervorspannung in Niederfrequenzverstärkern und in Diskriminator- oder Ratiodetektorschaltungen in UKW- und Fernsehempfängern verwendet.



Ungepolter Elektrolytkondensator

3.26 Elektrolytkondensator, ungepolt

Dieses als bipolarer Elektrolytkondensator bezeichnete Bauelement besitzt nach beiden Richtungen Sperrwirkung, so daß es, im Gegensatz zum unipolaren Elektrolytkondensator, stets polrichtig angeschlossen ist.

Die Anwendung bezieht sich auf einige nicht auf dem Rundfunksektor liegende Spezialfälle.



Spule, Drossel (Induktivität) allgemein

3.3 **Spule, Drossel (allgemein)**

Nach DIN 40712 (Sept. 1958) wird als Darstellung für die Induktivität – Symbol L, Maßeinheit Henry H – das Schaltzeichen b) gefordert, zur wahlweisen Darstellung a) empfohlen. In der Praxis hat sich jedoch a) für Hochfrequenz- und b) für Niederfrequenz-Bauteile (Spulen und Drosseln mit hohen Strömen bei kleinen Frequenzen) eingeführt. – Dies gilt entsprechend für alle Varianten (3.31 ff.) des Symbols.

Die Wirkungsweise der Spule beruht auf Induktionserscheinungen, einer Wechselwirkung zwischen Elektrizität und Magnetismus.

Einem Gleichstrom gegenüber verhält sich die Spule wie ein Ohmscher Widerstand. – Wird ein Wechselstrom durch eine Spule geschickt, dann erfolgt, im Rhythmus der Frequenz des Stromes, ein wechselnder Auf- und Abbau des Magnetfeldes. Dadurch werden Induktionsspannung, Selbstinduktion und Stromdurchgang entsprechend beeinflußt.

Jede Spule hat einen induktiven Widerstand (Wechselstromwiderstand). Er ist von der Induktivität der Spule und der Frequenz des Stromes abhängig. Mit großer Induktivität und hoher Frequenz nimmt der Widerstand zu. Die Tatsache, daß der Gleichstromwiderstand der Spule nur

gering ist – er entspricht ihrem Ohmschen Widerstand – und der Wechselstromwiderstand hohe Werte annimmt, wird diese in Funkschaltungen dazu benutzt, Gleich- und Wechselstrom voneinander zu trennen. Eine weitere Eigenschaft der Spule ist, daß sie, ähnlich wie der Kondensator, als Energiespeicher wirkt, und zwar für magnetische Energie. Diese Eigenschaft wird im Schwingkreis ausgenutzt.

Spulen und Drosseln sind aus blanken oder isolierten Drähten gewickelt, entweder freitragend (Luftspulen) oder auf einem Wickelkörper aus Isoliermaterial. Für die Wicklung – ein- oder mehrlagig, Zylinder-, Kreuz- oder Kammerwicklung – ist, je nach dem Verwendungszweck, Kupfervolldraht oder Litze gebräuchlich.

Zur Vergrößerung der Induktivität werden Spulen mit einem Masse-, Ferrit- oder Hochfrequenzeisenkern versehen. Drosseln in Niederfrequenzschaltungen, die, im Gegensatz zu Hochfrequenzspulen und -drosseln, große Windungszahlen aufweisen, besitzen einen geschlossenen Eisenkern aus geschichtetem Transformatorenblech.

Bei Empfangsgeräten finden Hochfrequenzspulen Anwendung in Hochfrequenz- und Zwischenfrequenzkreisen, Saug- und Sperrkreisen, als Hochfrequenzdrosseln zur Sperrung von Hochfrequenz (Anoden- und Heizdrossel), in Verbindung mit Kondensatoren als Siebglieder (UKW-Filter) u. a. m. – Niederfrequenzdrosseln werden besonders in Netzgleichrichterschaltungen verwendet.

Spule mit Anzapfungen

3.31 Spule mit Anzapfung(en)

In den meisten Empfangsschaltungen sind – häufig mehrere – derartige Spulen anzutreffen.

Spule mit Metallkern

3.32 Spule mit Metallkern

Bei Hochfrequenzspulen besteht der Spulenkern aus Aluminium oder Hochfrequenzeisen. Außer Schraubkernen sind

gelegentlich, in Spezialschaltungen, Topf-, Haspel- und H-Kerne gebräuchlich.

Niederfrequenzdrosseln besitzen einen lamellierten (geschlossenen) Eisenkern.

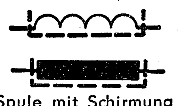

Spule mit Massekern

3.33 Spule mit Massekern

Auch in den neuesten Schaltbildern wird häufig an Stelle der Punkte noch die inzwischen überholte Darstellung einer unterbrochenen Linie (– – – –) benutzt.

Massekerne werden aus feinkörnigem Eisenpulver oder einem Legierungspulver unter Zusatz von Bindemitteln und Isolierstoffen hergestellt. – Zur Kategorie der Massekerne gehören nicht die bevorzugt verwendeten Ferritkerne (Maniferkerne, Hersteller Keram. Werke Hermsdorf). Ferrite sind auf keramischem Wege hergestellte, magnetisierbare Werkstoffe. Sie bestehen aus Eisenoxyd und einigen Oxyden anderer Metalle, wie Kobalt, Magnesium, Mangan, Nickel und Zink. Mit Ferritkernen versehene Spulen werden wie solche mit Massekern dargestellt.

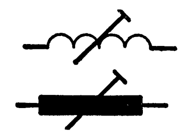
In fast allen Schaltungen finden Ferrit- und Hochfrequenz-Massekernspulen vielseitige Verwendung. – Bisweilen sind auch Niederfrequenzdrosseln mit einem Massekern versehen.


Spule mit Schirmung

3.34 Spule mit Schirmung

Für die Abschirmung von Hochfrequenzspulen werden Metallzylinder oder -töpfe verwendet; als Abschirmmaterial dient meist Aluminium.

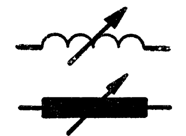
Die zu erdende Schirmung muß sich in ausreichendem Abstand von der Spule befinden, um die Spulengüte nicht zu verschlechtern. – Niederfrequenzdrosseln werden vorwiegend durch einen Eisenmantel abgeschirmt. Mit der Schirmung wird die störende Beeinflussung elektrischer bzw. magnetischer Felder unwirksam gemacht.



Fest einstellbare Spule

3.35 Fest einstellbare Spule

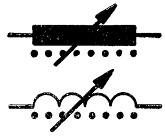
Die unter 3.32 und 3.33 beschriebenen Metall-, Ferrit- und Massekernspulen sind mit Ausnahme von 3.36 fest einstellbar. Das Einstellen erfolgt durch Hinein- oder Herausdrehen eines Gewindekernes (Schraubkern) in der Spule. Dieser ist entweder mit einem Schlitz oder einem Sechskant-Kopf versehen, so daß Schraubenzieher aus Isoliermaterial oder ein entsprechendes Abgleichbesteck verwendbar sind. Die Einstellung erfolgt nicht betriebsmäßig, sondern sie wird einmalig beim Abgleich oder Trimmen vorgenommen (bei einem erforderlichen Neuabgleich des Gerätes kommt auch eine nochmalige Einstellung in Betracht).



Stetig einstellbare Spule (Variometer)

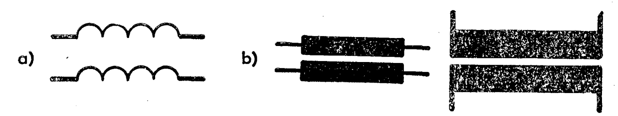
3.36 Stetig einstellbare Spule

Die stetige (kontinuierliche) Regelung einer Induktivität ist auf verschiedene Weise zu erreichen: Einschieben einer Spule in eine mit ihr in Reihe geschaltete feststehende zweite (größere) Spule, drehbare Anordnung einer kleineren in einer größeren feststehenden Spule und Einschieben eines Metall-, Ferrit- oder Massekernes in eine feststehende Zylinderspule.



Stetig einstellbare Spule mit Massekern

Die veränderliche Spule wird als „Variometer" bezeichnet. Es dient zur induktiven (L-, Permeabilitäts-)Abstimmung, die vorzugsweise in Ultrakurzwellenempfängern gebräuchlich ist. Hierbei wird das Masse-, Ferrit- oder Metallkern-Variometer verwendet.



Transformator, Übertrager allgemein

3.4 Transformator, Übertrager

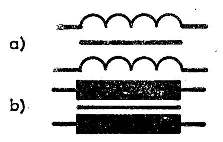
Unter einem Transformator oder Umspanner wird allgemein ein elektrisches Bauelement zur Leistungsübertragung bei einer festen Frequenz verstanden. Als Übertrager werden Bauteile bezeichnet, die zur Widerstandsanpassung über ein mehr oder weniger breites Frequenzband dienen. Die Wirkungsweise des Transformators ist folgende: Wird an eine der beiden Wicklungen (Primärwicklung) eine Wechselspannung angelegt, so wird auf die andere Wicklung (Sekundärwicklung) eine Spannung induziert, deren Frequenz mit der Frequenz der zugeführten Spannung übereinstimmt. Je nach dem Übersetzungsverhältnis der Windungszahlen, primär und sekundär, steht eine höhere, gleiche oder niedrigere Spannung an der Sekundärseite zur Verfügung.

Für Hochfrequenzzwecke werden Übertrager durch die induktive Kopplung zweier Hochfrequenzspulen – mit oder ohne gemeinsamen Kern – dargestellt. Hierfür wird vorwiegend das Schaltzeichen a) benutzt.

Bei Niederfrequenztransformatoren und -übertragern sind die beiden Wicklungen auf einem geschlossenen Eisenkern aus geschichtetem Transformatorblech aufgebracht. Für höhere Frequenzen – etwa die des oberen Tonbereichs – sind meist Ferrit- oder Massekerne gebräuchlich. Häufig wird für diese Arten das Symbol b), gelegentlich aber, für den Ausgangstransformator, auch a) verwendet.

Im Hochfrequenzgebiet werden Übertrager hauptsächlich in Super-Eingangsschaltungen und in Zwischenfrequenz-

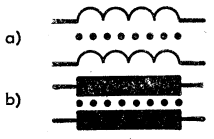
verstärkerstufen benutzt. – Niederfrequenztransformatoren finden als Netztransformatoren im Stromversorgungsteil von Wechselstromempfängern bevorzugte Anwendung. Auch als Vorschalttransformator und zur galvanischen Trennung zweier Stromkreise ist diese Ausführung üblich. In Niederfrequenzverstärker-Schaltungen sind Übertrager als Kopplungs- und Gegentakttransformatoren gebräuchlich. – Eine besondere Art stellt der Ausgangsübertrager dar. Neben der Funktion eines normalen Übertragers (Leistungsübertragung) erfüllt er die Aufgabe der Lautsprecheranpassung an die Endröhre des Empfängers. Außer gelegentlichen anderen Anwendungsmöglichkeiten sei noch auf den Anschluß eines Mikrofons über einen Übertrager hingewiesen.



Transformator, Übertrager mit Eisenkern

3.41 Transformator, Übertrager mit Eisenkern

Das Schaltzeichen b) ist als Netztransformator in allen Stromversorgungsgeräten, die mit Wechselstrom gespeist werden, anzutreffen. In Niederfrequenzverstärkern ist das Symbol für den Kopplungstransformator gebräuchlich. Zur Darstellung des Ausgangsübertragers werden beide Schaltzeichen – a) und b) – benutzt.



Transformator, Übertrager mit Massekern

3.42 Transformator, Übertrager mit Massekern

An Stelle der Punkte wird häufig noch die durch die neue Vorschrift überholte Darstellung des Kernes durch eine unterbrochene Linie (– – – –) angewendet.

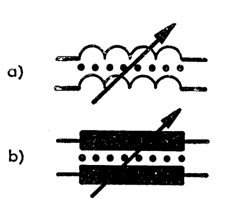
Über Massekerne wurde bereits unter 3.33 gesprochen.

Übertrager, die mit Massekernen versehen sind, werden, wie unter 3.5 ausgeführt, ausschließlich im Hochfrequenzgebiet verwendet. Demzufolge ist in der Praxis allgemein das Schaltzeichen a) gebräuchlich (nach DIN 40712 wird es für eine „wahlweise Darstellung" empfohlen).

3.43 Transformator, Übertrager mit Schirmung

Transformator, Übertrager mit Schirmung

Für die Schirmung eines Transformators oder Übertragers gilt das gleiche wie für die abgeschirmte Spule (3.34).



Stetig einstellbarer Transformator oder Übertrager

3.44 Transformator, Übertrager, stetig einstellbar

Im praktischen Schaltschema ist nur das Symbol a) anzutreffen. Es stellt den Hochfrequenzübertrager dar (siehe auch 3.4).



Halbleitergleichrichter

3.5 Halbleitergleichrichter

Halbleitergleichrichter sind elektrische Ventile; sie lassen den Strom nur in einer Richtung hindurchfließen (Durchlaßrichtung ——➤ Sperrichtung ➤——).

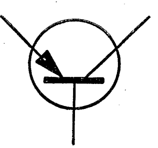
Typische Vertreter dieser Art sind: Selengleichrichter, Kristalldiode und Kristalldetektor.

Selengleichrichter sind Flächengleichrichter, die aus runden oder quadratischen Platten zu einer Säule zusammengesetzt sind. Die aus Eisen- oder Aluminiumblech bestehenden Scheiben sind auf einer Seite mit einer Selenschicht überzogen (Pluspol!). Auf dieser ist eine Zinnlegierung aufgespritzt. Der Kontakt wird durch schalenförmige Messingringe hergestellt.

Der Selengleichrichter findet – an Stelle einer Gleichrichterröhre – als Gleichrichter im Netzteil von Funkgeräten Verwendung. Meist werden Selengleichrichter zur Einweggleichrichtung herangezogen, gelegentlich auch in einer Brückenschaltung (Graetzschaltung) benutzt. – Der Einbau der Säulen geschieht zum Zwecke einer besseren Durchlüftung liegend.

In der modernen Empfangstechnik ist die Germanium- oder Silizium-Diode zur Demodulation hochfrequenter Ströme gebräuchlich. Sie übt die gleiche Funktion wie eine Diodenröhre aus.

Der in den Anfängen des Rundfunks als Hochfrequenzgleichrichter üblich gewesene Kristalldetektor hat seine Bedeutung verloren.



Kristallverstärker (Transistor)

3.6 Kristallverstärker (Transistor)

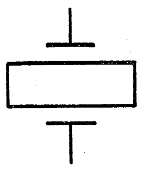
Der Transistor ist ein Halbleiter mit Verstärkereigenschaft. In Anbetracht dessen, daß die physikalischen Vorgänge in diesem modernen Bauelement äußerst kompliziert sind, muß im Rahmen unserer Anleitung davon abgesehen werden, auf die Arbeitsweise einzugehen.

Grundsätzlich besitzt der Transistor drei Elektroden. Der Germanium- oder Silizium-Kristall bildet die Basis, die beiden anderen Elektroden sind der Emitter und der Kollektor. Im Schaltzeichen gibt der Pfeil die Durchlaßrichtung an.

Gegenüber der Elektronenröhre, die in verschiedenen Schaltungen durch den Transistor ersetzt werden kann, besitzt er Vorzüge und Nachteile. Er ist mechanisch sehr widerstandsfähig, besitzt minimale Abmessungen und geringes Gewicht, große Lebensdauer, benötigt keine Heizspannung und bedarf nur geringer Betriebsspannungen. Nachteilig sind große Temperaturempfindlichkeit, niedrigere obere Grenzfrequenz und stärkeres Rauschen als bei Röhren, hoher Preis.

Heute wird allgemein der Flächentransistor, der Flächenelektroden besitzt, bevorzugt. Seine wesentlichen Bauarten sind der Legierungs- und der Schichttransistor.

Praktische Anwendung findet dieses wichtige Bauelement, dessen Weiterentwicklung im Fluß ist, vorerst in transportablen Empfängern.



Piezoelektrische Zelle (Schwingquarz, Filterquarz)

3.7 Piezoelektrische Zelle (Schwingquarz, Filterquarz)

Bestimmte Kristalle (Quarz, Bergkristall; Seignettesalz) haben die Eigenschaft, an ihrer Oberfläche eine elektrische Ladung aufzubauen, wenn sie gedrückt oder gebogen werden, und – im umgekehrten Fall – beim Anlegen einer Wechselspannung eine dieser Spannung entsprechende Deformierung (Formveränderung) des Kristalls hervorzurufen. Dieser piezoelektrische Effekt wird zur Stabilisierung von Sendersteuerstufen ausgenutzt. Der Schwingquarz wirkt in Oszillatorschaltungen also als frequenzbestimmendes Element.

Filterquarze werden in hochwertigen Telegrafie-Kurzwellensupern zur Frequenzselektion (Erhöhung der Trennschärfe) herangezogen.

In der Elektroakustik spielen Piezokristalle im Kristallmikrofon und Kristalltonabnehmer eine Rolle.

4. Elektronenröhren

Im folgenden wird die Arbeitsweise dieses sehr wichtigen Bauelements einer Betrachtung unterzogen. Wird dem Heizfaden der Röhre eine Spannung zugeführt, so wird dieser erhitzt; er gibt Elektronen ab, die den Faden oder – bei indirekt geheizten Röhren – die Katode wolkenartig umgeben. Wird die Anode (die der Katode gegenüberliegende Elektrode) mit dem positiven und die Katode mit dem negativen Pol einer weiteren Stromquelle verbunden, dann werden die Elektronen von der Anode mit sehr großer Geschwindigkeit angezogen. Es entsteht innerhalb der Röhre ein Stromfluß. Wird zwischen Katode und Anode eine weitere Elektrode, ein Steuergitter, angeordnet, so bestimmt dieses entsprechend der an ihm liegenden Spannung (Gittervorspannung) die Größe des von der Katode zur Anode fließenden Stromes. Wechselnde Spannung am Gitter erzeugt einen Anodenwechselstrom. Außer dem Steuergitter können weitere Gitter (Schirmgitter, Bremsgitter) in einer Röhre vorhanden sein. Ihnen kommen spezielle Aufgaben zu. Die für die Funktion der Röhre wesentlichen Elektroden befinden sich im Glaskolben, in einem Vakuum (d. i. ein annähernd luftleer gepumpter Raum). – Im Gegensatz zu älteren Bauarten, die mit einem Preßstoffsockel versehen sind, werden bei den modernen Miniatur- und Novalröhren die Sockelstifte unmittelbar in den Glasboden, den sogenannten Preßteller, eingeschmolzen.

Es ist zu unterscheiden zwischen direkt und indirekt geheizten Röhren.

Außer gitterlosen Röhren (Dioden) gibt es Eingitter- und Mehrgitterröhren (Trioden; Tetroden, Pentoden, Hexoden, Heptoden, Oktoden und Enneoden). Verbundröhren enthalten mehrere Systeme, z. B. Doppeltriode, Triode-Heptode, Duodiode-Pentode, Diode-Duodiode-Triode). Je nach der Stromart, mit der die Röhren geheizt werden, ist zwischen Wechselstrom-, Allstrom- und Batterieröhren zu unterscheiden, also E-, U- und D-Röhren.

Elektronenröhren dienen zur Verstärkung hoch- und niederfrequenter Spannungen oder Leistungen, zur Hochfrequenzgleichrichtung (Demodulation), Niederfrequenzgleichrichtung,

Schwingungserzeugung und Abstimmanzeige. Entsprechend ihren Aufgaben sind in einer Empfängerschaltung Hochfrequenzverstärker-, Oszillator-, Misch-, Demodulator-, Zwischenfrequenzverstärker-, Niederfrequenzverstärker-, Netzgleichrichter- und Abstimmanzeige-Röhren vorhanden.

Die Röhrenbezeichnung, aus einer Gruppe von zwei bis vier Buchstaben und einer ein- bis dreistelligen Kennziffer bestehend, läßt in Verbindung mit dem Röhren-Typenschlüssel zuverlässige Angaben über Heizspannung oder Heizstrom, die Stromart, den Systemaufbau, den Verwendungszweck und die Beschaffenheit der Röhre zu.

Röhrenschlüssel (Der erste Buchstabe der Typenbezeichnung kennzeichnet die Heizdaten.)

	Einzustellender Heizwert Heizspannung Uf oder Heizstrom If	Heizartenkennzeichnung Parallelheizung (p), Serienheizung (s), direkt (d) und indirekt (i), Wechselstrom- (W) oder Gleichstromheizung (G), (Batterie oder gleichgerichteter Wechselstrom)			
A	Uf = 4 V	p;	d u. i	W	überholt
B	If = 180 mA	s;	i		überholt
C	If = 200 mA	s;	i	G, W	überholt
D	Uf = 1,4 V; 1,25 V 1,2 V; 0,625 V	p; s;	d	G	
E	Uf = 6,3 V	p;	i	W, (G)	
	(If = 150 ··· 300 mA)	(s);	i	W, (G)	
G	Uf = 5 V	p		W	
I	Uf = 20 V	p		W	
K	Uf = 2 V	p;	d	G	überholt
P	If = 300 mA	s;	i	G, W	
U	If = 100 mA	s;	i	G, W	
V	If = 50 mA	s;	i	G, W	überholt

Der an zweiter Stelle stehende Buchstabe der Typenbezeichnung gibt Aufschluß über den Systemaufbau und

zugleich über die Anwendungsmöglichkeit der Röhre im Empfänger. Erscheint in der Typenbezeichnung an dritter und gegebenenfalls an vierter Stelle ein weiterer Buchstabe, so enthält die Röhre ein oder zwei weitere, dem Kennbuchstaben entsprechende Elektrodensysteme. Es handelt sich dann um eine Doppelröhre mit getrennten Katoden (ECC 85) oder um eine Verbundröhre mit gemeinsamer Katode für beide Systeme (ECL 11).

Buchstabe	Röhrentype	Anwendung	Beispiel
A	Diode	HF-Gleichrichtung, Regelspannungserzeugung	DAF 96
B	Duodiode	HF-Gleichrichtung, Regelspannungserzeugung	EBF 80
C	Triode	HF-, NF-Verstärkung, Schwingungserzeugung, Empfangsgleichrichtung mit Verstärkung, Mischverstärkung	ECC 85, ECL 11
D	Endtriode	Endverstärkung (Lautsprecherröhre)	AD 1
E	Tetrode	NF-Verstärkung	UEL 51
F	Pentode	HF-, ZF-, NF-Verstärkung (regelbar), Empfangsgleichrichtung mit Verstärkung	EF 12, EF 85
H	Hexode	HF-Verstärkung, regelbar, Mischverstärkung, regelbar	ECH 81
K	Heptode, Oktode	Mischverstärkung, regelbar, mit Schwingungserzeugung	DK 96

Buchstabe	Röhrentype	Anwendung	Beispiel
L	Endpentode sowie Endtetrode mit Pentodencharakter	Endverstärkung (Lautsprecherröhre)	EL 12, DL 94 ECL 11
M	Magisches Auge	Abstimmanzeige	EM 11, EM 80
P*)	Röhre mit Sekundäremissionskatode	Verstärkung mit Ausnutzung des Sekundäremissionseffektes	EF P 60
Q	Nonode, Enneode	Spezialröhre für FM-Demodulation und NF-Verstärkung	EQ 80
Y	Diode	Einweggleichrichter zur Gleichrichtung der Netzwechselspannung, Hochspannungsgleichrichter	UY 11, EYY 13
Z	Duodiode	Zweiweggleichrichter zur Gleichrichtung der Netzwechselspannung	EZ 12

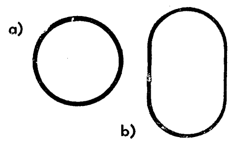
Die Kennzahl hinter den Großbuchstaben kennzeichnet den Systemaufbau oder die Sockelung oder eine spezielle Type.

1 ··· 9	Quetschfußröhren mit Stift-, Außenkontakt- oder Octalsockel
11 ··· 15	Quetschfußröhren oder Preßtellerröhren mit Stahlröhrensockel
20 ··· 49	Röhren mit Octal-, Loctal- oder Rimlocksockel
50 ··· 60	Spezialröhren mit verschiedener Aufbautechnik und Sockelung

*) Nur als dritter Buchstabe.

61 ··· 79	Subminiaturröhren mit verschiedenen Sockelarten oder Lötdrähten
80 ··· 89	9-Stift-Miniatur-(Noval-)Röhren (Preßtellerröhren)
90 ··· 99	7-Stift-Miniaturröhren (Preßtellerröhren)
100 ···999	Spezialröhren mit verschiedener Aufbautechnik und verschiedenen Sockelarten

Vor der Darstellung vollständiger Röhren werden im folgenden die Schaltzeichen für die einzelnen Bestandteile gegeben.



a) Röhrenkolben allgemein, speziell für Diode, Triode
b) Röhrenkolben für Mehrgitterröhren

4.1 Röhrenkolben

Der Kreis ist für Röhrenkolben von Dioden, Duodioden, Ein- und Zweiweggleichrichterröhren sowie Trioden, das Oval für Mehrgitterröhren gebräuchlich.
Müssen die Systeme einer Verbundröhre (Mehrfachröhre) in einem Schaltbild getrennt dargestellt werden, wird der Röhrenkolben geteilt, d. h. als halber Kolben – ohne Begrenzungslinie nach der offenen Seite – gezeichnet. Jedes System erhält dabei einen Katodenpunkt. Ist eine gemeinsame Katode vorhanden, so wird die Zuleitung zum zweiten Katodenpunkt (zweite Röhrenhälfte) gestrichelt gezeichnet. Diese Vorschrift wird meist nicht eingehalten; es finden sich dann etwas abweichende Darstellungen.

4.2 Röhrenelektroden

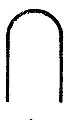
Die Röhrenelektroden sind stromleitende Bauteile, die eine oder mehrere Funktionen ausüben: Elektronenaussendung (Emission) – durch die Katode –, Elektronenaufnahme – durch die Anode – und Elektronensteuerung – durch das Steuergitter, Schirmgitter oder Bremsgitter.



4.21 Katode, allgemein

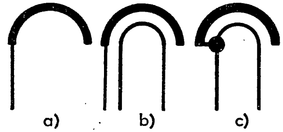
Katode, allgemein

Die Darstellung wird gewählt, wenn nicht die Art der Heizung der Katode unterschieden wird.



4.211 Heizfaden, direkt geheizte Katode

Heizfaden, direkt geheizte Katode



4.212 Indirekt geheizte Katode

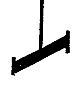
Indirekt geheizte Katode

Das Schaltzeichen a) entspricht der Darstellung für die indirekt geheizte Katode „allgemein". Soll auch der Heizfaden dargestellt werden, dann ist das Symbol b) gebräuchlich. Ein Sonderfall ist die halb-indirekt geheizte Katode. Es besteht eine leitende Verbindung mit dem Heizfaden. Hier ist das Symbol c) anzuwenden.



4.22 Anode

Anode



4.221 Leuchtanode

Leuchtanode

Diese Anode stellt den Leuchtschirm einer Abstimmanzeige-

röhre (Magisches Auge, Magischer Fächer, Magischer Strich, Magische Waage) dar.

4.23 Steuergitter

Steuergitter

4.24 Schirmgitter

Schirmgitter

4.25 Bremsgitter

Bremsgitter

4.26 Steuersteg

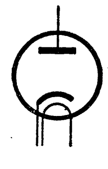
Steuersteg

Bei der Abstimmanzeigeröhre wird über den Steuersteg dem Steuergitter die Steuerspannung zugeführt.

4.3 **Vollständige Röhren**

Als Schaltzeichen für Röhren sind mehrere Darstellungen zulässig. Für unsere Zwecke wählen wir die Zeichnung des *Röhrenkolbens mit Innenschaltung*, wie sie für allgemeine Schaltbilder (Stromlaufpläne) üblich ist.

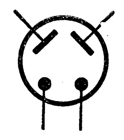
Es wird eine Auswahl von Symbolen gebräuchlicher Röhrentypen abgebildet. Mit der Kenntnis der Schaltzeichen für die Elektroden ist es leicht, jede andere Kombination zu „lesen".



4.31 Diode

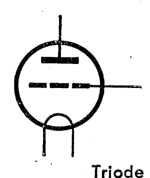
Diode

Das Symbol gilt sowohl für die Hochfrequenzgleichrichter- als auch die Einwegnetzgleichrichterröhre.


Duodiode mit getrennten Katoden

4.32 Duodiode

Das Schaltzeichen ist für Hochfrequenzgleichrichtung und Schwundregelung sowie für Doppelwegnetzgleichrichtung gebräuchlich.


Triode

4.33 Triode

4.34 Doppeltriode

Beide Systeme sind voneinander abgeschirmt.

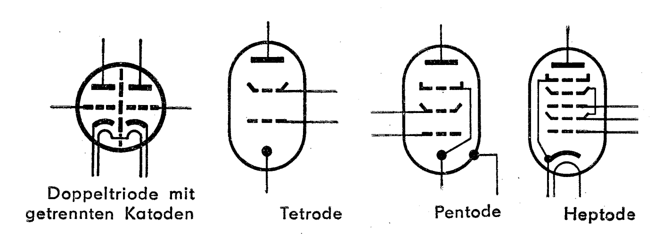
4.35 Tetrode

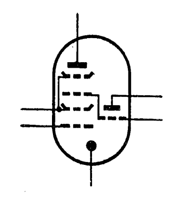
4.36 Pentode

Hier ist eine Stahlröhre gezeichnet. Das Kennzeichen ist eine Masseverbindung zum Metallkolben.

4.37 Heptode

Katode und Gitter 5 sowie Gitter 2 und 4 sind innerhalb des Röhrenkolbens miteinander verbunden.

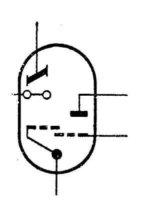

Doppeltriode mit getrennten Katoden — Tetrode — Pentode — Heptode



Triode-Hexode

4.38 Triode-Hexode

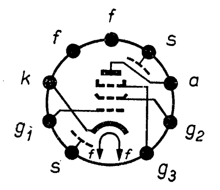
Auf der linken Seite des Schaltzeichens befindet sich das Hexodensystem, auf der rechten das Triodensystem. Gitter 2 und 4 des Hexodensystems sowie das Steuergitter der Triode und Gitter 3 der Hexode sind miteinander verbunden.



Abstimmanzeigeröhre

4.39 Abstimmanzeigeröhre

Die Elektrodenanordnung entspricht dem Magischen Fächer der Novalserie.



Beispiel eines Sockelschaltbildes für eine Pentode mit indirekter Heizung

Den Empfängerschaltbildern der Radioindustrie sind häufig **Sockelschaltbilder** angegliedert. Diese werden, mit Ausnahme der Subminiaturröhren, durch einen Kreis

dargestellt, auf dem die Sockelstifte ihrer Lage entsprechend verteilt sind. Die Anschlüsse sind von unten gesehen! Die Sockelstifte sind mit den Elektroden der in den Kreis gezeichneten Röhrenschaltung verbunden.

Die folgende Übersicht enthält die Elektrodenbezeichnungen in Sockelschaltbildern (nach RFT-Empfängerröhren-Taschenbuch):

a	Anode	g 4	4. Gitter
a I	Anode I	g 5	5. Gitter
a II	Anode II	gl	Gitter des Leuchtsystems
d	Diode	i. V.	innere Verbindung
d I	Diode I	k	Katode
d II	Diode II	l	Leuchtschirm
d III	Diode III	m	Abschirmbelag mit z. T. bedingt. Abschirmwirkung
f	Heizfaden		
g 1	1. Gitter	s	Abschirmung im Innern der Röhre
g 2	2. Gitter		
g 3	3. Gitter	st	Steuerstege

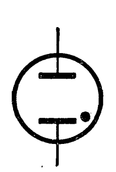
5. Gasgefüllte Röhren; Glimmlampen, Glimmspannungsteiler

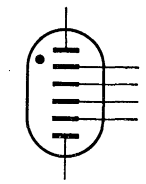
Glimmlampen sind mit Edelgas gefüllte Röhren mit kalter Katode. Nach Anlegen einer den Kenndaten der Glimmlampe entsprechenden Spannung, der Zündspannung, tritt eine Glimmentladung ein.

Das Bauelement wird zur Spannungsstabilisierung oder zum Glätten von Spannungsschwankungen, die etwa durch Belastungsänderungen des Stromnetzes hervorgerufen werden, verwendet.

Stabilisatoren müssen über einen geeignet dimensionierten Vorwiderstand an die Spannungsquelle angeschlossen werden.

Gelegentlich werden spezielle kleine Glimmlampen als „Pilot" (Anzeige des Betriebszustandes) eines Empfangs- oder Sendegerätes benutzt.





5.1 **Glimmlampe**

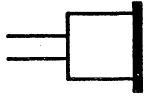
5.2 **Glimmspannungsteiler**

Glimmlampe, Glimmspannungsteiler

Kennzeichen der Gasfüllung von Röhren ist ein Punkt, der sich, innerhalb des Kolbens, an einer beliebigen Stelle des Symbols befinden kann.

6. Elektroakustische und mechanisch-elektrische Übertragungsgeräte

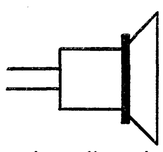
Elektroakustische Wandler sind Schallsender – Lautsprecher, Fernhörer (Kopfhörer) – und Schallempfänger – Mikrofone –; ein mechanisch-elektrischer Wandler ist der Tonabnehmer. Im Schallsender werden niederfrequente Ströme in akustische Schwingungen (Schallschwingungen), im Schallempfänger akustische Schwingungen in niederfrequente Ströme umgesetzt. Der Tonabnehmer wandelt die in die Schallplatte eingeschnittenen Amplituden (gespeicherte Musik und Sprache) in elektrische Schwingungen um.



6.1 **Fernhörer (Kopfhörer), allgemein**

Fernhörer, allgemein

Es werden meist zwei Hörer benutzt. – Als Wandlerprinzip ist vorzugsweise das elektromagnetische Prinzip (6.211), gelegentlich das elektrodynamische (6.212) gebräuchlich.



6.2 **Lautsprecher, allgemein**

Lautsprecher, allgemein

Der Lautsprecher, der Schall im Hörbereich abstrahlt, besteht aus einem elektromechanischen Wandler (Lautsprechersystem) und dem mechanischen Strahlerteil (Membran). – Die Umsetzung kann nach dem elektromagnetischen (6.211), dynamischen (6.212), elektrostatischen (6.213) und piezoelektrischen (6.214) Prinzip erfolgen.
Die Schallabstrahlung übernehmen im allgemeinen großflächige Membranen (Konusmembranen).

6.21 Kennzeichen der Arbeitsweise

Soll aus dem Schaltzeichen die Arbeitsweise des Systems ersichtlich sein, wird das Symbol durch ein sinngemäßes Kennzeichen ergänzt.

6.211 Elektromagnetisches System

Elektromagnetisches System

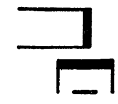
Bei diesem System wird durch den Anodenwechselstrom der Endröhre des Empfängers oder Verstärkers der magnetische Fluß geändert. Als Strahlerteil dient beim Fernhörer eine Metallmembran; beim Lautsprecher wird eine Zunge, an der eine Papiermembran befestigt ist, in mechanische Schwingungen versetzt.
Das elektromagnetische Prinzip wird im Fernhörer bevorzugt angewendet. Lautsprecher mit elektromagnetischen Systemen entsprechen nicht mehr den erhöhten Ansprüchen an Wiedergabequalität.

Elektrodynamisches System, allgemein

6.212 Elektrodynamisches System, allgemein

Beim elektrodynamischen Prinzip wird der Anodenwechselstrom über einen Ausgangsübertrager der Schwingspule des Systems zugeführt. Diese befindet sich freischwingend im Luftspalt eines Topfmagneten, der ein magnetisches Feld erzeugt. Fließt durch die Schwingspule ein Wechselstrom, dann wird auf diese eine Kraft ausgeübt, welche die Spule und die an ihr befestigte Konusmembran im Rhythmus der

Sprechwechselspannung in mechanische Schwingungen versetzt.
Das elektromagnetische Feld kann durch elektromagnetische oder permanente Magnete erzeugt werden.



6.2121 Elektrodynamisches System, fremderregt

Elektrodynamisches System, fremderregt

Das Symbol kennzeichnet die Erzeugung des Magnetfeldes durch eine Feldwicklung. – Als Feldspule (Erregerspule) wird meist die Siebdrossel des Empfänger-Netzgleichrichterteils verwendet.



6.2122 Elektrodynamisches System, dauermagneterregt

Elektrodynamisches System, dauermagneterregt

Das Schaltzeichen kennzeichnet die Erzeugung des Magnetfeldes durch einen Permanentmagneten.



6.213 Elektrostatisches System

Elektrostatisches System

Dieses System besteht im Prinzip aus einem unter Gleichspannung stehenden Plattenkondensator. Vor einer beweglichen Folie, welche die Membran darstellt, befindet sich eine feststehende durchlöcherte Gegenelektrode. Einer an diese Kapazität gelegte Gleichspannung wird die tonfrequente Spannung (Anodenwechselspannung) überlagert, so daß die Membran in deren Rhythmus schwingt und die Tonfrequenzen akustisch abstrahlt.
Der elektrostatische Lautsprecher eignet sich zur bevorzugten Abstrahlung hoher Frequenzen (3000 · · · 20 000 Hz). Als Hochtonlautsprecher hat er weite Verbreitung gefunden.

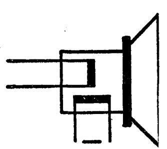


6.214 Piezoelektrisches System

Piezoelektrisches System

Das piezoelektrische System beruht auf dem Effekt, daß bestimmte Kristalle beim Anlegen einer Wechselspannung zu mechanischen Schwingungen angeregt werden. Diese werden auf eine Membran übertragen. Das Prinzip findet in Hochtonlautsprechern Anwendung.

Anwendungsbeispiel der für die Kennzeichnung der Arbeitsweise gebräuchlichen Schaltzeichen



Elektrodynamischer Lautsprecher mit Fremderregung

Elektrodynamischer Lautsprecher mit Erregung durch eine Feldspule.



Mikrofon, allgemein

6.3 **Mikrofon, allgemein**

Zur Umwandlung der Schallenergie werden verschiedene Möglichkeiten angewandt. Nach der elektrischen Wirkungsweise sind die unter 6.311, 6.312 und 6.313 aufgeführten Arten zu unterscheiden.

6.31 Kennzeichen der Arbeitsweise

Vgl. 6.212, 6.213, 6.214

Die Symbole zur Kennzeichnung der Arbeitsweise – elektrodynamisch, elektrostatisch, piezoelektrisch – entsprechen den unter 6.212, 6.213 und 6.214 dargestellten.

6.311 Elektrodynamisches System

Dieses System ist analog dem dynamischen Lautsprecher aufgebaut. Es findet im Tauchspulmikrofon Anwendung.

6.312 Elektrostatisches System

Die aus einer Aluminiumfolie bestehende Membran bildet mit einer feststehenden Platte als Gegenelektrode einen Kondensator, dessen Kapazität sich im Rhythmus der Membranbewegungen ändert. Die Kapazitätsänderungen werden in eine tonfrequente Spannung umgesetzt und in einem Niederfrequenzvorverstärker (Mikrofonverstärker), der mit dem Mikrofon zu einer Einheit zusammengefaßt ist, verstärkt.

Als hochwertiger Schallempfänger wird das Kondensatormikrofon bevorzugt verwendet.

6.313 Piezoelektrisches System

Es wird der Piezoeffekt einiger Kristalle ausgenutzt (siehe auch 3.7). Die durch den Schall hervorgerufenen mechanischen Kristallschwingungen erzeugen auf der Oberfläche der Kristallplatte eine elektrische Ladung, die in Form tonfrequenter Schwingungen an den auf beiden Seiten der Kristallplatte angebrachten Elektroden aus Stanniolfolie abgenommen werden.

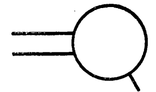
Infolge sehr guter Eigenschaften ist das Kristallmikrofon weit verbreitet.

Anwendungsbeispiel der für die Kennzeichnung der Arbeitsweise gebräuchlichen Schaltzeichen

Kondensatormikrofon



Kondensatormikrofon



Tonabnehmer, allgemein

6.4 **Tonabnehmer, allgemein**

Die Abtastung der Schallplattenaufzeichnung erfolgt mit dem Tonabnehmer. Analog zum Lautsprecher und Mikrofon sind

verschiedene Möglichkeiten der Umsetzung der dem Abtaststift mitgeteilten mechanischen Schwingungen in elektrische Energie gegeben.

Der elektrischen Wirkungsweise entsprechend sind die unter 6.411, 6.412 und 6.413 aufgeführten Arten zu unterscheiden.

6.41 Kennzeichen der Arbeitsweise

Vgl. 6.211, 6.212, 6.214

Die Symbole zur Kennzeichnung der Arbeitsweise – elektromagnetisch, dynamisch, piezoelektrisch – entsprechen den unter 6.211, 6.212 und 6.214 dargestellten.

6.411 Elektromagnetisches System

Ein Abtaststift, der den Rillenauslenkungen der Schallplatte folgt, versetzt auch den mit ihm starr verbundenen Anker in Schwingungen. Dieser bewegt sich im Feld eines Magneten und erzeugt in der Tonabnehmerspule eine Wechselspannung. Diese entspricht sowohl hinsichtlich Frequenz als auch Amplitude den Ankerschwingungen. Die am Tonabnehmer zur Verfügung stehende Wechselspannung ist ein genaues Abbild der in der Schallrille festgehaltenen Schallschwingungen.

Der elektromagnetische Tonabnehmer ist weit verbreitet.

6.412 Dynamisches System

Beim permanentdynamischen Tonabnehmer wird eine kleine Schwingspule durch den Abtaststift in einem Magnetfeld bewegt. Die in der Spule induzierten Spannungen sind sehr gering und bedürfen einer großen Verstärkung.

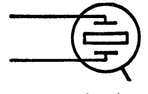
Der dynamische Tonabnehmer ist für hochwertige Wiedergabe hervorragend geeignet, wird aber nicht in Serien hergestellt.

6.413 Piezoelektrisches System

Beim Kristalltonabnehmer werden durch die Bewegung des Abtaststiftes zwei Kristallplättchen durchgebogen. Der Piezoeffekt bewirkt das Auftreten einer Wechselspannung, die an den beiden Kristallbelägen abgenommen wird.

Wegen seiner günstigen Eigenschaften wird der Kristalltonabnehmer sehr häufig verwendet.

Anwendungsbeispiel der für die Kennzeichnung der Arbeitsweise gebräuchlichen Schaltzeichen


Kristalltonabnehmer

Kristalltonabnehmer.

7. Galvanische Stromquellen; Elemente, Akkumulatoren, Batterien

Zur Stromversorgung vom Lichtnetz unabhängiger Empfangsgeräte (Batterie-, Auto-, Transistorempfänger) dienen galvanische Elemente, welche die Energie chemischer Reaktionen zur Stromerzeugung ausnutzen, sowie Akkumulatoren, die elektrische Energie auf elektro-chemischem Wege speichern. Gebräuchliche galvanische Elemente sind das Braunstein-(Leclanché)-Trockenelement und das Luftsauerstoffelement; als Akkumulatoren werden außer dem Bleisammler der Nickel-Eisen-(NE-)Sammler und der Nickel-Cadmium-(NC-)Sammler verwendet.



Galvanische Stromquelle, allgemein

7.1 Galvanische Stromquelle, allgemein

Im Symbol stellt der lange Strich den positiven Pol (+) dar. – Falls erforderlich, wird die Spannung angegeben.

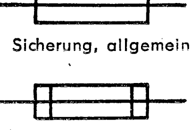
Batterie mit mehreren Zellen

7.2 Galvanische Stromquelle; Batterie mit mehreren Zellen

Siehe auch 7.1.

8. Sicherungen

Dieses Bauelement ist eine in den Stromkreis geschaltete Schutzvorrichtung, die diesen im Falle eines Kurzschlusses oder einer Überlastung unterbricht.
Die in funktechnischen Geräten gebräuchlichen Sicherungen sind Stromsicherungen.


Sicherung, allgemein

Feinsicherung

8.1 **Sicherung, allgemein**

8.11 Feinsicherung

Im Empfänger werden Feinsicherungen, die in flinke, mittelträge und träge Sicherungen unterteilt sind, verwendet. Die entsprechende Bezeichnung – mT oder T – muß außer dem Nennstromwert auf der Sicherung aufgedruckt sein. Die Nennstromwerte sind: 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0 A.

9. Radioskalenlampen


Glühlampe

Als Skalenbeleuchtungslampen werden neben kugelförmigen Lämpchen neuerdings auch Soffittenlampen verwendet. Im Wechselstromempfänger sind 6,3- oder 7,0-V-Lampen üblich. Die allgemein mit U-Röhren bestückten Allstromempfänger benötigen 0,1- bzw. 0,12-A-Lampen.

10. Schalter


Schalter

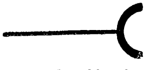
Schalter sind Vorrichtungen zum Öffnen, Schließen oder Umpolen von Stromkreisen.

Ausführungsformen sind Netzschalter, Wellenschalter, Drucktastenschalter.

11. Steckerstift, Steckbuchse

Steckerstift

11.1 **Der Steckerstift** ist der metallische Bestandteil des Steckers, der zum Anschluß ortsveränderlicher elektrischer Geräte dient.

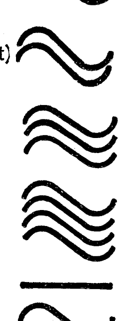


Steckbuchse

11.2 **Die Steckbuchse** ist eine Kontaktvorrichtung, die zur Aufnahme eines Steckers bestimmt ist.

12. Spannungs- und Stromarten

12.1 **Gleichstrom**



12.2 **Wechselstrom allgemein**

12.21 Wechselstrom, niederfrequent (tonfrequent)

12.22 Wechselstrom, hochfrequent

12.23 Wechselstrom, höchstfrequent

12.3 **Allstrom (Gleich- oder Wechselstrom)**

III. Schaltbilder für Teilschaltungen

Zur Erleichterung der Vorstellung über das vollständige Schaltbild werden im folgenden Zusammenstellungen von einzelnen Schaltsymbolen zu Teilschaltbildern besprochen.

Die Zeichnungen stellen zumeist Prinzipschaltbilder (Schaltschemata von Grundschaltungen) dar. Sie sind sowohl in den Schaltzeichnungen von Industriegeräten als auch Selbstbauempfängern immer wieder anzutreffen. Durch Zusatz- und Kunstschaltungen treten manche Schaltungskomplexe bisweilen in den Hintergrund; sie werden mehr oder weniger „verdeckt" und können dann nur schwer erkannt werden.

1. Der elektrische Schwingkreis

Eine Parallel- oder Serienschaltung eines Kondensators C mit einer Spule L bildet einen Schwingkreis. Wird dieser elektrisch angeregt, erzeugt er elektromagnetische Schwingungen. Die elektrische Größe von C und L bestimmt die Eigenschwingungsfrequenz des Kreises; sie wird meist kurz als Eigenfrequenz bezeichnet.

Je nachdem, ob die Schwingkreiselemente (C, L) abstimmfähig sind oder nicht, sprechen wir von veränderlichen oder festen Kreisen. – Die Abstimmung kann kapazitiv durch Veränderung der Kapazität des Kondensators oder induktiv durch Veränderung der Induktivität der Spule erfolgen.

Der Abstimmvorgang ergibt, grafisch dargestellt, eine Resonanzkurve. Deren Form kennzeichnet die Güte des Kreises. Kurven mit hohen Maxima und steilen Flanken ergeben gute Trennschärfe und große Empfindlichkeit des Empfängers.

In der HF-Technik kommt dem Schwingkreis große Bedeutung zu. Vorwiegend wird er zum Aussieben bestimmter Frequenzen aus einem Frequenzgemisch und bei der Erzeugung hochfrequenter Schwingungen benutzt.

Ein im Antennenkreis hochwertiger Super liegender Parallel- oder (seltener) Serienschwingkreis ist der Sperr- bzw.

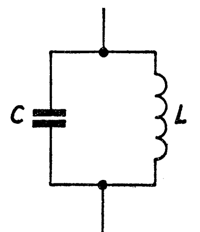


Bild 2 Parallelschwingkreis



Bild 3 Serienschwingkreis

Saugkreis. Diese Kreise werden auf die Zwischenfrequenz fest abgestimmt. Sie haben die Aufgabe, sowohl die vom Empfangsgerät ausgehende Strahlung der ZF als auch die von einem benachbarten Gerät ausgestrahlte ZF zu unterdrücken.
Der Sperrkreis liegt in Reihe mit der Antennenspule, der Saugkreis zu ihr parallel.

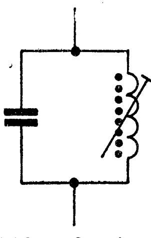


Bild 4 Sperrkreis

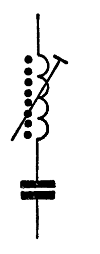


Bild 5 Saugkreis

2. Ankopplung von Schwingkreisen

Für die Ankopplung von Schwingkreisen an Antennen, Verstärker-, Misch- und Demodulatorstufen gibt es grundsätzlich drei Möglichkeiten: galvanische, induktive und kapazitive Kopplung. Ihre Anwendung ergibt sich aus den jeweiligen Gegebenheiten und Erfordernissen.

2.1 Galvanische Kopplung

Diese Kopplung stellt die unmittelbare – oder über einen Ohmschen Widerstand erfolgende – leitende Verbindung zwischen zwei Schaltelementen dar. Eine gleichstromfreie Kopplung ist mit diesem Verfahren nicht möglich, so daß es in der Funktechnik auf einige Sonderfälle beschränkt bleibt, z. B. Antennenankopplung (Bild 6).

2.2 Induktive Kopplung

Das Kennzeichen der induktiven Kopplung, die mittels Spulen erfolgt, ist das gemeinsame magnetische Feld dieser Induktivitäten. Im Gegensatz zur galvanischen Kopplung wirkt sich die induktive Kopplung nur für Wechselströme aus. Diese Kopplungsart wird in der Funktechnik sehr häufig verwendet, z. B. zur Antennenkopplung und zur Kopplung von Schwingkreisen (Bild 7 und 9).

Für diesen letzteren Fall sind u. a. im Super Kombinationen zweier oder mehrerer auf die gleiche Frequenz (Zwischenfrequenz) abgestimmter Schwingkreise, als B a n d f i l t e r bezeichnet, gebräuchlich. Diese wichtigen Bauelemente

lassen ein nur verhältnismäßig schmales, genau definiertes Frequenzband durch und tragen somit wesentlich zur Trennschärfeerhöhung des Empfängers bei. Der Abgleich der Zwischenfrequenzbandfilter erfolgt durch Verändern der Spuleninduktivität.

2.3 Kapazitive Kopplung

Diese ist wie die induktive Kopplung gleichstromfrei. Die Kopplung geschieht mit einem Kondensator über dessen elektrisches Feld (Bild 8).

Außer für die Antennenankopplung ist die kapazitive Kopplung für die Kopplung von Schwingkreisen gebräuchlich. Bei Bandfilterkopplung ist zu beachten, daß die Spulen entkoppelt werden; dies wird durch magnetische Abschirmung bewirkt (Bild 10).

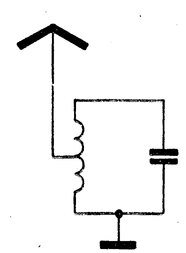


Bild 6 Galvanische Kopplung (Antenne)

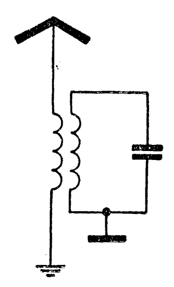


Bild 7 Induktive Kopplung (Antenne)

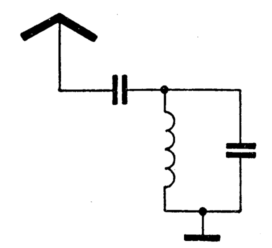


Bild 8 Kapazitive Kopplung (Antenne)

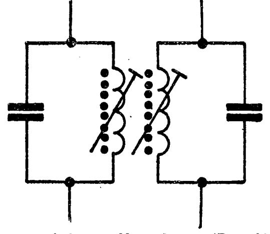


Bild 9 Induktive Kopplung (Bandfilter)

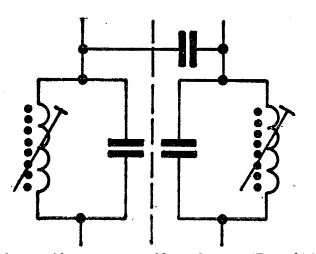


Bild 10 Kapazitive Kopplung (Bandfilter)

3. Demodulation

Demodulation, auch als Hochfrequenz- und Empfangsgleichrichtung bezeichnet, bedeutet Rückgewinnung der einer hochfrequenten Trägerwelle aufgedrückten niederfrequenten Schwingungen. Beim Geradeausempfänger wird die modulierte Hochfrequenzspannung unmittelbar dem Empfangsgleichrichter, meist einem Audion, zugeführt; beim Super

erfolgt eine Demodulation der verstärkten Zwischenfrequenz-spannung in einem Dioden- bzw. Verhältnisgleichrichter.

Die wichtigsten Demodulatorschaltungen sind:

3.1 Gittergleichrichter (Audion)

In dieser Schaltung finden wir außer dem Schwingkreis den Gitterkondensator C und den Gitterableitwiderstand R vor. Die an dem Kreis auftretende, modulierte Hochfrequenzspannung wird über C dem Röhrengitter, das über R an Katode liegt, zugeführt. Der Gleichrichtereffekt wird durch Ventilwirkung der Strecke Gitter–Katode hervorgerufen, so daß an R die Niederfrequenz verfügbar ist. In der Röhre wird sie verstärkt und am Außenwiderstand R_a abgenommen. Das Audion ist für Rundfunkempfang heute nicht mehr gebräuchlich, dagegen wird es im Amateurfunk noch mit gutem Erfolg verwendet. Jedenfalls ist diese Schaltung für erste Versuche sehr gut geeignet (Bild 11).

3.2 Anodengleichrichter (Richtverstärker)

Die Schaltung arbeitet mit großer negativer Gittervorspannung, die durch den mit dem Katodenkondensator C_k überbrückten Katodenwiderstand R_k erzeugt wird. In Bild 12 ist die halbautomatische Gittervorspannung dargestellt. Im Gegensatz zum Audion wird im Anodengleichrichter auch bei großen Trägeramplituden eine nahezu verzerrungsfreie Gleichrichtung erzielt.
In der Praxis findet diese Schaltung keine Verwendung mehr (Bild 12).

3.3 Diodengleichrichter

Das Kennzeichen dieses Demodulators ist die Diodenröhre. Während bei positiver Anode die Elektronen von der Katode zur Anode fließen können, findet bei negativer Anode kein Elektronenfluß statt. Wir stellen hier eine ausgeprägte Ventilwirkung fest!
Infolge zahlreicher Vorzüge – sie überwiegen den Nachteil einer zur Aussteuerung erforderlichen hohen Spannung –, z. B. optimale Sperrwirkung, geringste Verzerrungen, wird diese Schaltung in allen hochwertigen Geräten verwendet (Bild 13).

3.4 **Verhältnisgleichrichter (Ratiodetektor)**

Das Kennzeichen des Ratiodetektors sind zwei entgegengesetzt gepolte Diodenstrecken.

Die Anordnung ist für die Demodulation frequenzmodulierter Schwingungen bestimmt. Da bei FM die Modulationsfrequenz in den Schwankungen der T r ä g e r f r e q u e n z (nicht der T r ä g e r a m p l i t u d e) enthalten sind, muß die frequenzmodulierte Schwingung zunächst in eine amplitudenmodulierte Schwingung umgewandelt werden. Diese wird dann demoduliert (Bild 14).

Ein besonderer Vorzug des Ratiodetektors ist die bei FM unbedingt notwendige automatische Begrenzerwirkung.

Die Schaltung ist in allen modernen UKW-Rundfunk- und Fernsehempfängern anzutreffen.

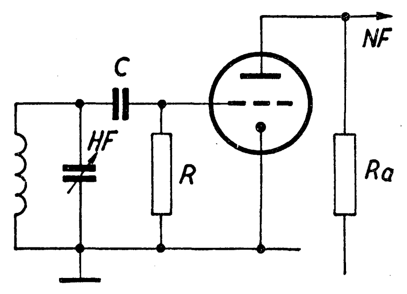


Bild 11 Gittergleichrichtung (Audion)

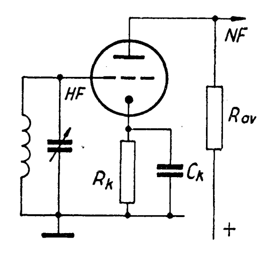


Bild 12 Anodengleichrichtung (Richtverstärker)

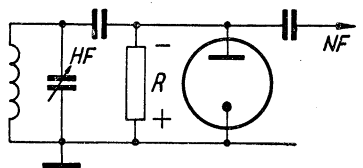


Bild 13 Diodengleichrichtung

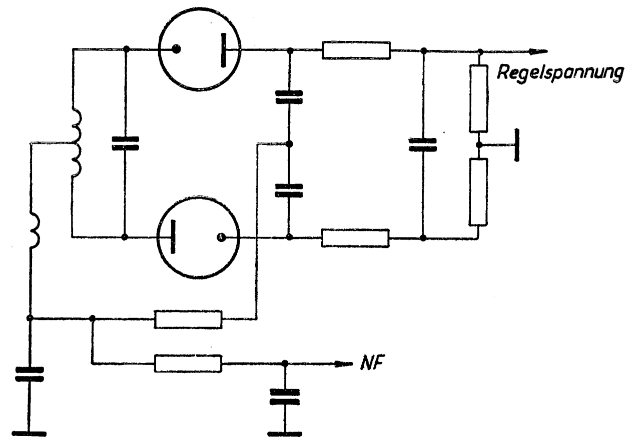


Bild 14 Verhältnisgleichrichtung (Ratiodetektor)

4. Rückkopplung und Rückkopplungsregelung

Die Rückkopplung stellt ein wertvolles Hilfsmittel zur Erhöhung der Trennschärfe und Empfindlichkeit eines Empfängers dar. Das Rückkopplungsprinzip besteht darin, daß ein Teil der verstärkten Energie des Anodenkreises auf den Gitterkreis zurückgeführt wird.
In dem Grundsatzschema Bild 15 sind Gitter- und Anodenkreis einer Röhre veranschaulicht. Wie wir sehen, ist der Gitterkreis ein elektrischer Stromkreis, der durch einen zwischen Steuergitter und Katode geschalteten äußeren Kreis dargestellt wird. Im wesentlichen umfaßt dieser den Zweig

Gitter–Gitterwiderstand–Stromquelle–Katode. Der Anodenkreis, zwischen Anode und Katode geschaltet, wird durch den Zweig Anode–Anodenaußenwiderstand–Stromquelle–Katode bestimmt. Die Außenwiderstände (Gitter- und Anodenwiderstand) können auch komplex sein, d. h. sich aus einer Ohmschen und induktiven, Ohmschen und kapazitiven oder Ohmschen, induktiven und kapazitiven Komponente zusammensetzen.

In praktischen Rückkopplungsschaltungen wird meist die Rückkopplungsspule L_R an die Gitterkreisspule L des Hochfrequenzgleichrichters induktiv angekoppelt.

Die Regelung der Rückkopplung bewirkt häufig eine mehr oder weniger große Änderung der Abstimmung. Es wurden aber Schaltungen entwickelt, welche diesen Nachteil nicht aufweisen. Schaltungstechnisch läßt sich die Rückkopplungsregelung nach verschiedenen Verfahren durchführen. Im folgenden sind einige Beispiele aufgezeigt.

4.1 **Induktiv geregelte Rückkopplung**

Der Rückkopplungsgrad wird durch die Veränderung des Abstandes der beiden Spulen L und L_R eingestellt (Bild 16). Diese Kopplungsänderung hat eine beträchtliche Verstimmung des Gitterkreises zur Folge (die Frequenz „läuft weg"). Die induktive Regelung ist die klassische Form der Rückkopplungsregelung; sie wird heute nicht mehr angewendet.

4.2 **Kapazitiv geregelte Rückkopplung**

Die Kopplung L_R/L ist fest eingestellt. Die Regelung der Rückkopplung geschieht durch den veränderlichen Kondensator C_R (Bild 17).

4.21 Regelung durch Differentialdrehkondensator

Zur Rückkopplungsregelung dient ein Differentialdrehkondensator C_R. Dieser regelt sowohl den Strom in der mit der Gitterspule L gekoppelten Rückkopplungsspule L_R als auch die Ableitung von der Anode zur Katode (Bild 18).

4.3 Frequenzunabhängige Rückkopplungsregelung durch Veränderung der Schirmgitterspannung

Voraussetzung für diese Schaltung ist eine Pentode. Die Regelung der Rückkopplung geschieht durch Veränderung der Schirmgitterspannung mittels eines Potentiometers mit linearer Regelkurve. Die Einstellung ist fein regelbar und praktisch rückwirkungsfrei, d. h., es tritt keine Verstimmung des Gitterkreises L ein.

Diese Anordnung ist bei Kurzwellen-Einkreisempfängern sehr beliebt (Bild 19).

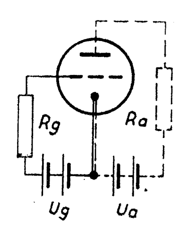


Bild 15 Gitter- und Anodenkreis einer Röhre

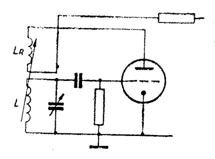


Bild 16 Induktiv geregelte Rückkopplung

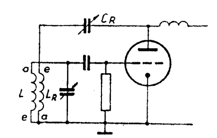


Bild 17 Kapazitiv geregelte Rückkopplung

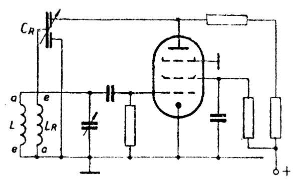


Bild 18 Rückkopplungsregelung durch Differentialkondensator

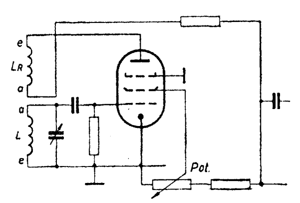


Bild 19 Rückkopplungsregelung durch Veränderung der Schirmgitterspannung

5. Erzeugung der Gittervorspannung

Bei dem ursprünglichen Verfahren der Gittervorspannungserzeugung wurde eine besondere Stromquelle, eine „Gitterbatterie" benötigt. Ihr Pluspol liegt mit dem Minuspol der Anodenstromquelle am Schaltungsnullpunkt, der Katode. Über den Gitterwiderstand R_g erhält dann das Gitter der Röhre eine feste negative Vorspannung (siehe Bild 15).
Heute ist die automatische Gittervorspannung, die keiner besonderen Stromquelle bedarf, allgemein üblich. Die Vorspannung wird durch den Katodenwiderstand R_k erzeugt, an diesem wird ein Spannungsabfall hervorgerufen. Da das Steuergitter über R_g an Katode liegt, wird diese dem Gitter gegenüber positiv oder, was das gleiche ist, das Gitter gegenüber der Katode negativ, so daß sich eine Vorspannung ergibt. Ihre Größe verschiebt sich in Abhängigkeit vom Anodenstrom automatisch in Richtung höherer oder niedrigerer negativer Werte. Damit nur reine Gleichspannung am Gitter wirksam ist, wird R_k mit einem Kondensator C überbrückt (Bild 20).

In Sonderfällen findet auch eine „halbautomatische Gittervorspannung" Anwendung. Sie wird durch einen im Netzteil liegenden Widerstand erzeugt.

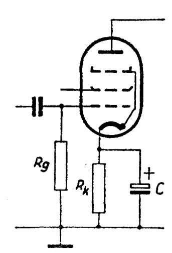


Bild 20 Automatische Gittervorspannung

6. Erzeugung der Regelspannung

Die Regelspannung ist eine veränderliche Gleichspannung, die den Verstärkungsgrad der für die automatische Schwundregelung (Fadingkompensation) dienenden Röhren beeinflußt. Häufig wird die Regelspannung unmittelbar vom Demodulator abgeleitet, andernfalls für die Regelspannungserzeugung eine besondere, diesem organisch eingegliederte Diode benutzt (Bild 21).

Die Voraussetzung für eine wirksame Schwundausgleichsschaltung bilden die Regelröhren (z. B. ECH 81, EF 85, EF 89), bei denen durch „gleitende Schirmgitterspannung" eine Änderung des Verstärkungsgrades der Röhre herbeigeführt wird. Die dem Steuergitter der zu regelnden Röhren zugeführte Regelspannung bewirkt eine Veränderung der Schirmgitterspannung. Das Merkmal der „gleitenden Schirmgitterspannung" ist der Vorwiderstand R (Bild 22).

Im modernen Super hat die Regelspannung noch eine andere Aufgabe zu erfüllen. Ihr obliegt die Steuerung der Abstimmanzeigeröhre (Magisches Auge, Magischer Fächer, Magischer Strich, Magische Waage). Die Steuerspannung wird dem Steuergitter dieser Röhre zugeführt (Bild 23).

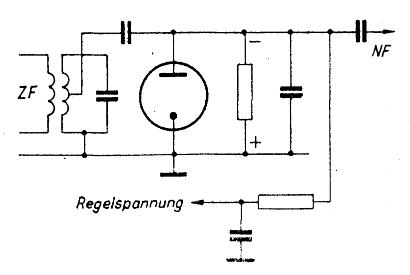


Bild 21 Erzeugung der Regelspannung

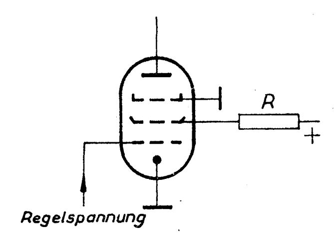


Bild 22 Gleitende Schirmgitterspannung

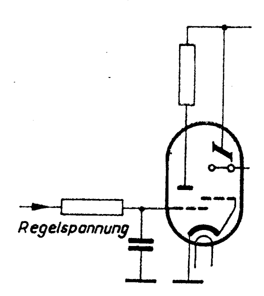


Bild 23 Betriebsschaltung einer Abstimmanzeigeröhre

7. Lautstärkeregelung

Zur Lautstärkeregelung werden veränderliche Ohmsche Spannungsteiler, Potentiometer mit logarithmischer Regelkurve, benutzt. Sie werden vor eine NF-Verstärkerröhre

geschaltet. Durch den Abgriff größerer oder kleinerer Wechselspannungen gelangt eine entsprechende Wechselstromleistung an das Röhrengitter (Bild 24).
In hochwertigen Empfangsgeräten wird die gehörrichtige Lautstärkeregelung angewendet. Sie trägt der abnehmenden Empfindlichkeit des menschlichen Ohres bei kleinen Lautstärken im Gebiet der tiefen Frequenzen Rechnung. Schaltungstechnisch wird der Gesamtwiderstand des Reglers bei einem Widerstandswert von etwa 30 Prozent abgegriffen, z. B. liegt bei einem 1-Megohm-Regler der Abgriff bei 300 Kiloohm. Dieser wird über ein RC-Glied an Masse gelegt. Beim Herabregeln werden die hohen Frequenzen geschwächt, und die Tiefen erscheinen angehoben (Bild 25).

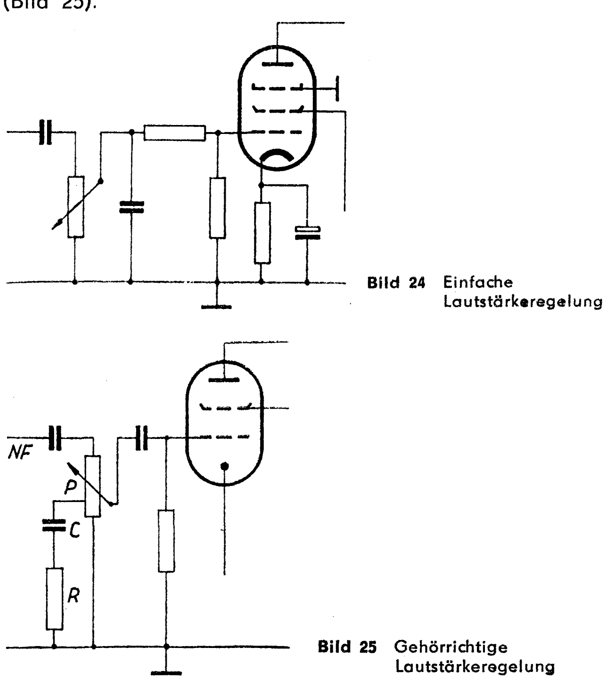


Bild 24 Einfache Lautstärkeregelung

Bild 25 Gehörrichtige Lautstärkeregelung

8. Klangregelung

Ursprünglich waren Anordnungen gebräuchlich, die aus einer Reihenschaltung eines Drehreglers und eines Kondensators bestanden. Diese „Tonblenden“ wurden zwischen Masse und Anode der Endröhre geschaltet (Bild 26).
Die moderne NF-Schaltungstechnik stellt an die Klangbeeinflussung wesentlich höhere Ansprüche. Demzufolge sind hochwertige Klangregeleinrichtungen entwickelt worden (Bild 27). Modernste Schaltungen lassen mit zwei getrennten Reglern eine Anhebung und Absenkung sowohl der hohen als auch der tiefen Töne erzielen.

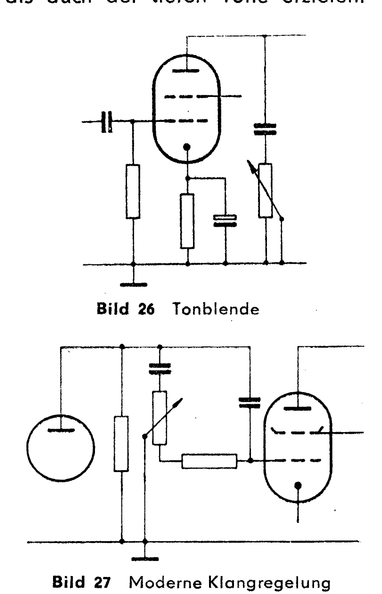


Bild 26 Tonblende

Bild 27 Moderne Klangregelung

9. Kopplung von Niederfrequenzstufen

Die Kopplung der Stufen im Niederfrequenzteil kann sowohl induktiv als auch kapazitiv erfolgen.

9.1 Transformatorkopplung

Als Koppelglieder dienen NF-Transformatoren mit geringem Übersetzungsverhältnis (etwa 1 : 3) – Bild 28 –.

Transformatorkopplung ist hinter einer Schirmgitterröhre wegen deren hohen Innenwiderstandes nicht anwendbar. – In modernen Schaltungen ist das Verfahren nur noch zur Ankopplung einer Gegentaktendstufe gebräuchlich.

9.2 Kondensator-Widerstandskopplung

Wie die Bezeichnung erkennen läßt, liegt keine rein kapazitive Kopplung vor. Das Kennzeichen der RC-Kopplung – dieser Begriff ist für die Kopplungsart allgemein üblich – ist eine Kombination aus dem hochohmigen Widerstand R_a, der den Anodenwechselstrom der ersten Röhre in eine Wechselspannung umsetzt, dem Kopplungskondensator C und dem Gitterableitwiderstand R_g (Bild 29).

Diese Kopplungsart hat sich in fast allen Verstärkerschaltungen durchgesetzt.

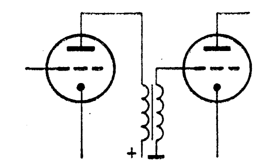


Bild 28 Transformatorkopplung

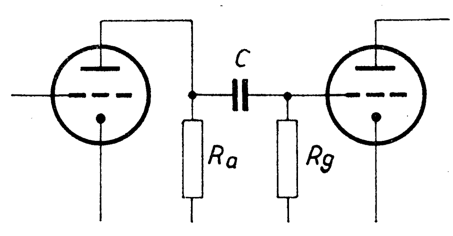


Bild 29 RC-Kopplung

IV. Schaltbilder für Schaltgruppen

Alle im folgenden zu betrachtenden Schaltschemata von Schaltgruppen enthalten irgendeine oder mehrere der im Abschnitt III dargestellten Schaltzeichnungen für Teilschaltungen.
An erster Stelle werden die Stufen eines Geradeausempfängers (Hochfrequenzverstärker-, Audion-, Niederfrequenzverstärker- und Endstufe), anschließend die für den Super charakteristischen Stufen (Misch-, Zwischenfrequenzverstärker- und Demodulatorstufe) besprochen. – Beide Empfängerarten haben die Hochfrequenz- und Niederfrequenzverstärkerstufen gemeinsam, sie werden daher nur einmal beschrieben.

1. Hochfrequenzverstärkerstufe

Ein HF-Vorverstärker wird dem Demodulator, beim Super der Mischstufe, vorgeschaltet, um eine Vorverstärkung der von der Antenne aufgenommenen, modulierten hochfrequenten Schwingungen zu bewirken und durch Vorselektion eine Trennschärfeverbesserung zu erzielen.
Bei hohen Verstärkungen sind HF-Stufen nicht immer leicht zu beherrschen. Um Kopplungen zu vermeiden, müssen entsprechende Maßnahmen getroffen werden; insbesondere ist auf sorgfältige Abschirmung Wert zu legen.

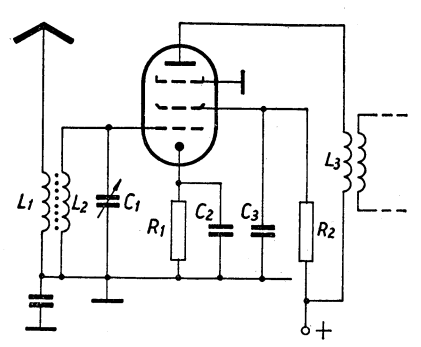


Bild 30 Hochfrequenz-Verstärkerstufe

Die Verstärkerröhre ist meist eine Hochfrequenzpentode. In unserem Schaltbild (Bild 30) ist die Antennenspule L_1 induktiv an die Gitterkreisspule L_2 des mit C_1 abstimmbaren Schwingkreises gekoppelt. Die Röhre bekommt durch den Katodenwiderstand R_1, der für Hochfrequenz mit C_2 überbrückt ist, eine Gittervorspannung. Über den Vorwiderstand R_2 wird die Schirmgitterspannung entnommen; das Schirmgitter liegt über C_3 an Masse. Im Anodenkreis der Röhre liegt die Spule L_3, welche die verstärkte Spannung auf die folgende Stufe überträgt. – Für Kurzwellenschaltungen sind rauscharme Röhren vorzusehen.

2. Hochfrequenz-Gleichrichter-(Demodulator-)stufe

Die Wirkungsweise des Demodulators wurde bereits im Abschnitt III. 3 erläutert.

Im folgenden wird eine leistungsfähige Audionschaltung, die speziell für Kurzwellenempfang hervorragend geeignet ist, beschrieben. Es ist das ECO-Audion mit kapazitiver Spannungsteilung (Bild 31).

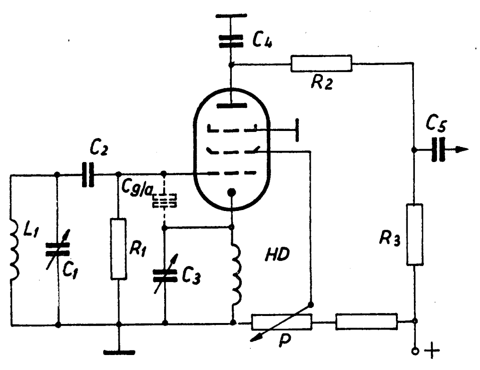


Bild 31 Audionstufe (ECO-Schaltung)

Als Demodulatorröhren sind nur Tetroden oder Pentoden mit getrennt herausgeführtem Bremsgitter verwendbar. Der

Gitterkreis wird aus der Spule L_1 und dem veränderlichen Kondensator C_1 gebildet. Diesem ist zur Bandspreizung gegebenenfalls ein Bandkondensator parallel zu schalten. Die Gitterkombination C_2/R_1 ist normal (etwa 100 pF, 1 MOhm). Die Röhre arbeitet mit Rückkopplung durch kapazitive Spannungsteilung, die durch die Gitter-Anoden-Kapazität der Röhre ($C_{g/a}$) und den Kondensator C_3 geschieht. Da die Katode auf Hochfrequenzpotential liegt, ist zur Schaffung eines Gleichstromweges die Kurzwellendrossel HD notwendig. Mit C_3 wird – einmalig für jedes Frequenzband – der beste Rückkopplungseinsatz eingestellt. Die Rückkopplungsregelung erfolgt mit dem Potentiometer P (arithmetisch), das die Schwingkreisspannung verändert. C_4 und R_2 dienen zur HF-Siebung. Die Ankopplung an die Niederfrequenzverstärkerstufe erfolgt über das R/C-Glied R_3/C_5.

Selbstverständlich kann die Ankopplung sowohl der Antenne bzw. einer HF-Vorstufe als auch der folgenden NF-Stufe mit anderen Kopplungsmitteln, wie im Schaltbild aufgezeigt, erfolgen.

3. Niederfrequenz-Vorverstärkerstufe

Diese Stufe ist dann notwendig, wenn eine Leistungsstufe mit einer starken Endröhre, z. B. EL 84, ausgesteuert werden soll. Im Amateurempfänger wird diese Stufe im allgemeinen entfallen, da für den Antrieb eines Kopfhörers nur geringe Leistungen erforderlich sind, die von einer schwächeren Röhre aufgebracht werden können.

Die NF-Vorstufe hat die Aufgabe, die aus der Demodulation hervorgegangene niederfrequente Wechselspannung zu verstärken. Als Röhren kommen Trioden und Pentoden in Betracht, je nach dem Gitterwechselspannungsbedarf der Endröhre.

Die NF gelangt über den Kopplungskondensator C_1, den Lautstärkeregler P_1 und den Gitterkondensator C_2 an das Gitter der Röhre. Die verstärkte Spannung wird am Anodenaußenwiderstand R_3 abgenommen. R_2 ist der Schirmgittervorwiderstand, C_4 und R_4 sind die Komponenten eines Siebgliedes (Bild 32).

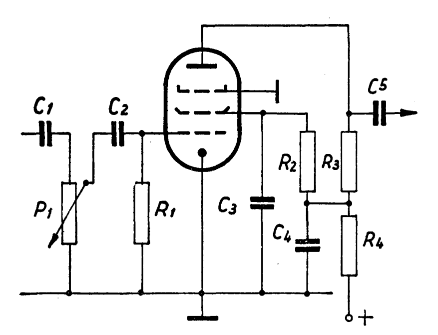


Bild 32 Niederfrequenz-Vorverstärkerstufe

4. Niederfrequenz-Endverstärkerstufe

Während die Röhren der bisher besprochenen Stufen im wesentlichen als Spannungsverstärker arbeiten, hat die Röhre der Endstufe eine Leistung abzugeben. Diese „Sprechleistung" soll in einem gewünschten Frequenzbereich mit möglichst geringen Verzerrungen, d. h. bei kleinem „Klirrfaktor", an den Lautsprecher oder Kopfhörer abgegeben werden. (Der Klirrfaktor ist das Maß für die sogenannten nichtlinearen Verzerrungen.) Über einen Anpassungstransformator, dessen Primärseite im Anodenkreis der Röhre liegt,

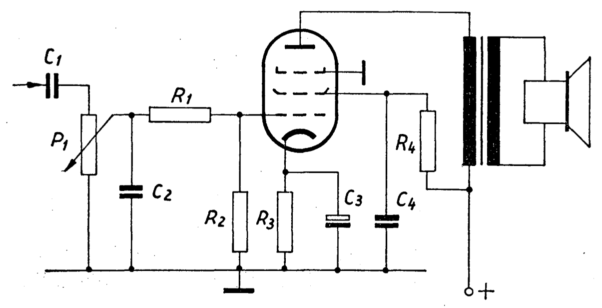


Bild 33 Niederfrequenz-Endverstärkerstufe

wird – durch Widerstandstransformation – eine optimale Anpassung erzielt. An die sekundäre Wicklung des Transformators wird die Schwingspule des dynamischen Lautsprechers angeschlossen (Bild 33).
Das Potentiometer P_1 dient zur Klangregelung.
Für Endstufen, die es in zahlreichen Varianten gibt, werden zumeist Pentoden verwendet.

5. Mischstufe

Die Mischstufe ist das charakteristische Merkmal des Supers. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, daß der durch Tonfrequenz modulierten Empfangsfrequenz f_e eine unmodulierte Hilfsfrequenz, die Oszillatorfrequenz f_0, überlagert wird. Es entsteht eine neue Frequenz, die Zwischenfrequenz f_z. Diese wird für den Empfangsvorgang ausgenutzt. Je nachdem, ob die beiden ersten Frequenzen dem gleichen Röhrengitter oder zwei getrennten Gittern zugeführt werden, wird zwischen additiver und multiplikativer Mischung unterschieden.

5.1 Multiplikative Mischung

Dieses Verfahren wird heute im AM-Super allgemein angewandt. Als Mischröhre dient eine Triode-Hexode oder

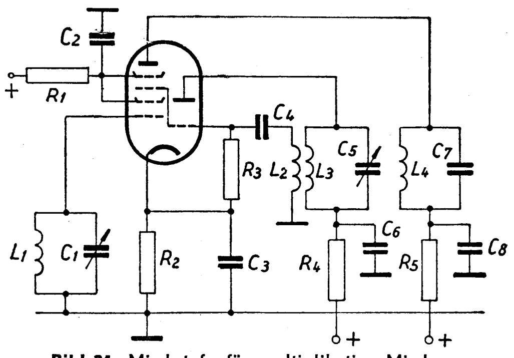


Bild 34 Mischstufe für multiplikative Mischung

Triode-Heptode (Bild 34). Dem Steuergitter des Hexoden- bzw. Heptoden-Systems wird die an dem abstimmbaren Schwingkreis L_1/C_1 entstehende Eingangsspannung zugeführt. Das zweite Steuergitter des gleichen Systems, durch je ein Schirmgitter vom ersten Steuergitter und von der Anode abgeschirmt, steht mit dem Gitter des Triodenteiles in unmittelbarer Verbindung. Mit dem Triodenteil wird die Oszillatorfrequenz erzeugt. Er arbeitet mit dem Gitterableitwiderstand R_3, dem Kopplungskondensator C_4, der Rückkopplungsspule L_2 und dem im Anodenkreis liegenden, frequenzbestimmenden Schwingkreis L_3/C_5. Die Gleichspannung für die Trioden-Anode wird über das Siebglied R_4/C_5 zugeführt. Im Anodenkreis entsteht an L_4/C_7 die Zwischenfrequenzspannung. Das Glied R_5/C_8 dient zur Entkopplung. Die Gittervorspannung für die Röhre wird durch R_2, mit C_2 überbrückt, erzeugt. Die beiden Schirmgitter erhalten über R_1/C_2 ihre Betriebsspannung.

5.2 **Additive Mischung**

Für den Empfang frequenzmodulierter Schwingungen (FM-Empfang) hat sich die additive Mischung durchgesetzt. Moderne UKW-Mischschaltungen bedienen sich selbstschwingender Trioden; mit diesen läßt sich außer dem Mischvorgang die Erzeugung der Oszillatorspannung ermöglichen (Bild 35).

Der Eingangskreis, dem meist eine HF-Vorstufe vorausgeht, besteht aus $C_1/C_2/C_3/C_4$ und L_1. L_2 ist eine Rückkopplungs-

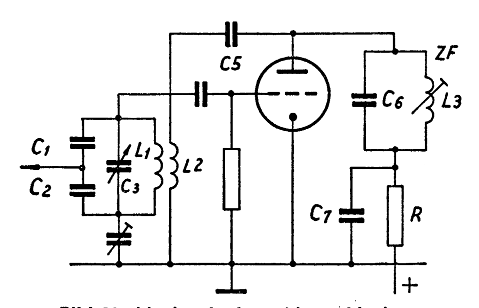


Bild 35 Mischstufe für additive Mischung

spule, die über C_5 von der Anode ihre HF-Spannung erhält. Dadurch wird die Oszillatorschwingung erzeugt. Die Einkopplung der Eingangsspannung geschieht an der Verbindung der beiden Kondensatoren C_1/C_2. Durch Einstellung des Trimmers C_4 kann die Oszillatorspannung geregelt werden. Die Zwischenfrequenz wird wie bei der multiplikativen Mischung dem Anodenkreis der Röhre entnommen (C_6/L_3). Das Glied C_7/R dient zur hochfrequenzmäßigen Siebung.

6. Zwischenfrequenzverstärkerstufe

Damit die aus der Mischstufe hervorgegangene Zwischenfrequenzspannung einen Demodulator richtig aussteuert, muß sie verstärkt werden. Dies geschieht in einem, meist mehrstufigen Zwischenfrequenzverstärker. Da mit dem ZF-Verstärker die Empfindlichkeit und Trennschärfe eines Supers steht und fällt, werden an den Aufbau dieser Stufe hohe Anforderungen gestellt.
Als Röhren dienen Pentoden. Das Charakteristikum des ZF-Verstärkers sind die Bandfilter. Sie stellen die Kopplungsglieder zwischen zwei Röhren dar. Es werden zwei-, gelegentlich auch mehrkreisige Filter, die fest auf die Zwischenfrequenz abgestimmt werden, verwendet (Bild 36). Der erste Kreis des aus C_1/L_1 und C_2/L_2 bestehenden Bandfilters wird von der Mischröhre Rö 1 aus gespeist; der

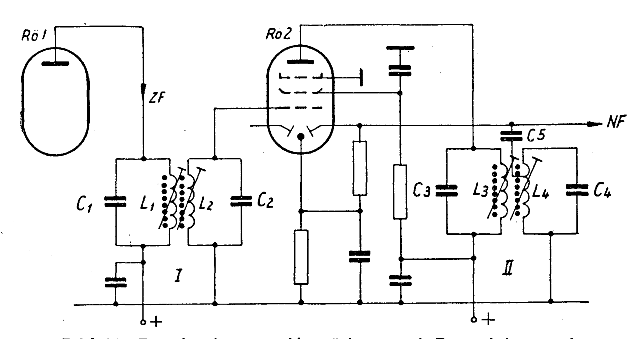


Bild 36 Zwischenfrequenz-Verstärker- und Demodulatorstufe

Sekundärkreis liegt am Gitter der ZF-Verstärkerröhre Rö 2. In ihrem Anodenkreis befindet sich als Außenwiderstand der Primärkreis des zweiten Filters C_3/L_3, C_4/L_4. Der Sekundärkreis ist angezapft; über C_5 wird die in dem Pentodensystem der Röhre Rö 2 verstärkte ZF-Spannung an eine der Anoden der Zweipolstrecke geführt. Nach Demodulation steht dann die Sprechwechselspannung (NF) zur Verfügung.

7. Stromversorgungsteil

Die Stromversorgung des Netzempfängers obliegt dem Netzteil. Ihm können die für den Betrieb erforderlichen Anoden- und Heizspannungen entnommen werden. Je nachdem, ob ein Empfangsgerät ausschließlich aus dem Wechselstromnetz oder wahlweise aus dem Wechsel- oder Gleichstromnetz versorgt werden soll, ist der entsprechende Netzteil zu wählen.

7.1 Wechselstromnetzteil mit Doppelweggleichrichtung

Das Merkmal dieses Netzteiles ist der Transformator, an dem alle benötigten Spannungen abgenommen werden können. Die Primärseite (Netzseite) besitzt Anzapfungen für die gebräuchlichen Spannungswerte des Netzes. Auf der Sekundärseite befinden sich je eine Wicklung für die Heizung der Empfängerröhren und der Gleichrichterröhre sowie eine in der Mitte angezapfte Anodenspannungswicklung.

Die verwendete Röhre ist eine indirekt geheizte Doppelweggleichrichterröhre, welche die Gleichrichtung b e i d e r Halbwellen bewirkt. Da der gleichgerichtete Wechselstrom ein „pulsierender" Gleichstrom ist, also eine Welligkeit aufweist, wird er einer Siebkette zugeführt. Diese besteht aus dem Ladekondensator C_L, einer Niederfrequenzdrossel Dr oder einem Widerstand R und dem Siebkondensator C_S. Bei richtiger Dimensionierung der Glättungs- und Siebmittel steht an C_S eine annähernd reine Gleichspannung zur Verfügung. – Doppelweggleichrichtung bedingt einen geringeren Aufwand an Siebmitteln. Diese Form ist in allen größeren Empfangsgeräten gebräuchlich (Bild 37).

7.2 Allstromnetzteil mit Einweggleichrichtung

In unserem Beispiel ist als Gleichrichter – an Stelle einer Einweggleichrichterröhre – ein Trockengleichrichter gewählt. Bei dieser Schaltung muß selbstverständlich der Transformator entfallen, da sie sowohl an das Wechselstrom- als auch an das Gleichstromnetz angeschlossen wird.

Wegen der größeren Welligkeit des gleichgerichteten Stromes sind C_L und C_S reichlicher zu bemessen, als dies bei Doppelweggleichrichtung notwendig ist. Schaltungsmäßig entspricht natürlich die Siebkette der in Schaltzeichnung Bild 37.

Während beim Wechselstromempfänger die Heizfäden aller Empfangsröhren parallelgeschaltet sind, werden diese beim Allstromgerät – mit den Fäden der Skalenbeleuchtungslampe, dem Vor- und Heißleiterwiderstand – in Serie geschaltet (Bild 38).

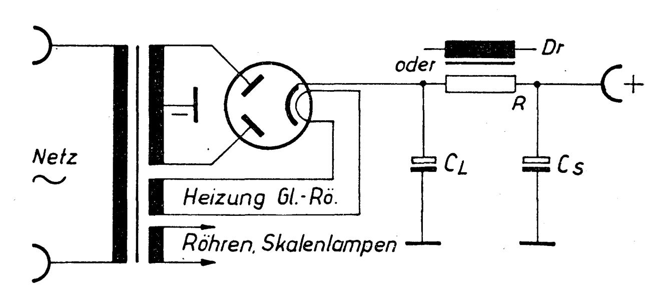


Bild 37 Netzteil eines Wechselstromempfängers; Doppelweggleichrichtung

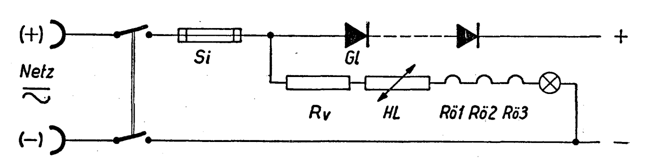


Bild 38 Netzteil eines Allstromempfängers; Einweggleichrichtung

V. Schaltbilder für vollständige Empfängerschaltungen

Es sind zwei Hauptschaltungsarten des Funkempfängers zu unterscheiden, Geradeausempfänger und Überlagerungsempfänger.

1. Geradeausempfänger

Dieser stellt den einfachen Empfängertyp dar. Als Rundfunkempfänger hat er seine ursprünglich große Bedeutung verloren; von den jungen Kurzwellenamateuren wird er jedoch noch sehr geschätzt. Wenngleich der Geradeausempfänger mit einem modernen Super nicht konkurrieren kann, so sind doch die Leistungen eines nach neuzeitlichen Gesichtspunkten sorgfältig aufgebauten Ein- oder Zweikreisempfängers (O-V-1 oder 1-V-1) nicht zu unterschätzen. Wichtig ist, daß der Anfänger und Ungeübte sich mit dem Entwurf und dem Bau eines verhältnismäßig einfachen Gerätes die schaltungstechnische Routine aneignet und dadurch die Grundlage für spätere „größere Pläne" schafft.

Wir betrachten die Arbeitsweise des Geradeausempfängers: Die von der Antenne aufgenommenen hochfrequenten Schwingungen gelangen unmittelbar oder über einen Hochfrequenzverstärker an das Gitter einer als Audion oder Richtverstärker geschalteten Röhre. In dieser erfolgt sowohl eine Verstärkung als auch die Demodulation. Die Niederfrequenzspannung wird einem ein- oder zweistufigen Niederfrequenzverstärker zugeführt. Wie wir sehen, wird die Empfangsfrequenz „geradeaus" verstärkt; am Demodulator erscheint die Empfangsfrequenz.

1.1 Detektorempfänger mit Kristalldiode

Unser abstimmbarer Detektorempfänger arbeitet mit einer modernen Germanium-Diode, welche die Demodulation bewirkt. Eine Verstärkereigenschaft besitzt dieses Bauelement nicht. Am Ausgang wird die Niederfrequenz abgenommen und einem Kopfhörer zugeführt. Für Lautsprecherwiedergabe muß dem Detektorgerät ein Röhren- oder zweistufiger Transistorverstärker nachgeschaltet werden (Bild 39).

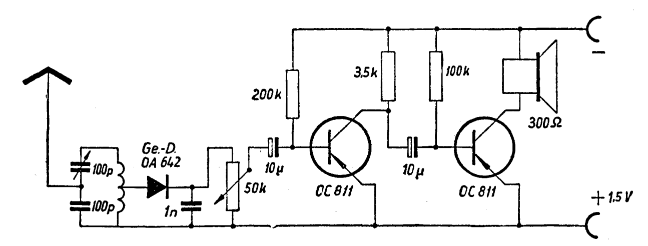


Bild 39 Detektorempfänger mit Germanium-Diode und 2stufigem Transistorverstärker

Das kleine Gerät ist für die Aufnahme des Orts- oder eines stärkeren Bezirkssenders geeignet.

1.2 Einkreis-Dreiröhren-Empfänger*)

Es wurde als Schaltschema-Beispiel eine leistungsfähige Rückkopplungsaudionschaltung gewählt. Das Gerät ist für 220-Volt-Wechselstrombetrieb ausgelegt, mit 3 Röhren bestückt und für Lang-, Mittel- und Kurzwellenempfang eingerichtet (Bild 40).

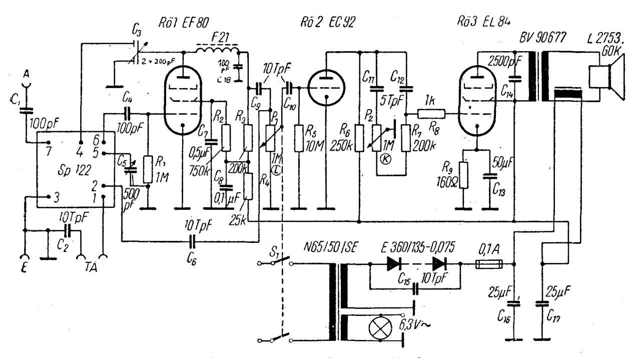
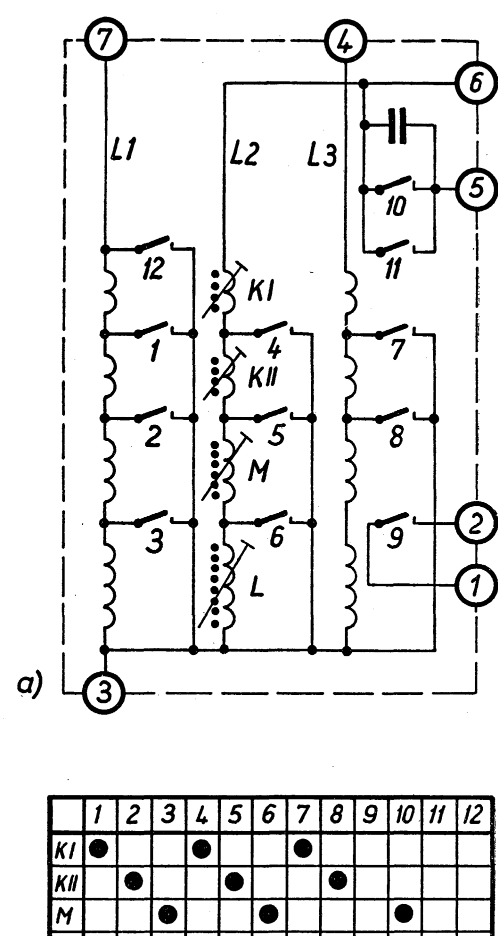


Bild 40 Schaltbild eines 3-Röhren-Einkreisempfängers

*) Nach Bauanleitung „Einkreisempfänger 1/59" von Ing. K.-H. Schubert, Zeitschrift „funkamateur" 5/1959.



b)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
KI	●			●			●					
KII		●			●			●				
M			●			●				●		
L											●	
T							●		●			●

Schaltfolge

Bild 41 Schaltbild eines Spulensatzes (Sp 122)

In der Originalschaltung wurde der Einkreis-Spulensatz 122 (Neumann, Creuzburg/Werra) verwendet. Das Schaltbild des Spulensatzes, das aus dem Empfängerschaltbild nicht ersichtlich ist, zeigt Bild 41.

Die Regelung der Rückkopplung erfolgt mit dem Differential-Drehkondensator C_3. Für die niederfrequente Lautstärkeregelung ist das Potentiometer L und für die Klangregelung das Potentiometer K vorgesehen.

Die in der Audionröhre Rö 1 gleichgerichtete Spannung wird über das Filter F 21, das etwaige HF-Reststörspannungen unterdrückt, den Kopplungskondensator C_9, den Lautstärkeregler P_1 und den Gitterkondensator C_{10} dem Steuergitter der NF-Vorverstärkerröhre Rö 2 zugeführt. Am Außenwiderstand R_6 wird die vorverstärkte Spannung abgenommen und über den Kopplungskondensator C_{12} auf das Steuergitter der Endröhre Rö 3 gegeben. Diese arbeitet

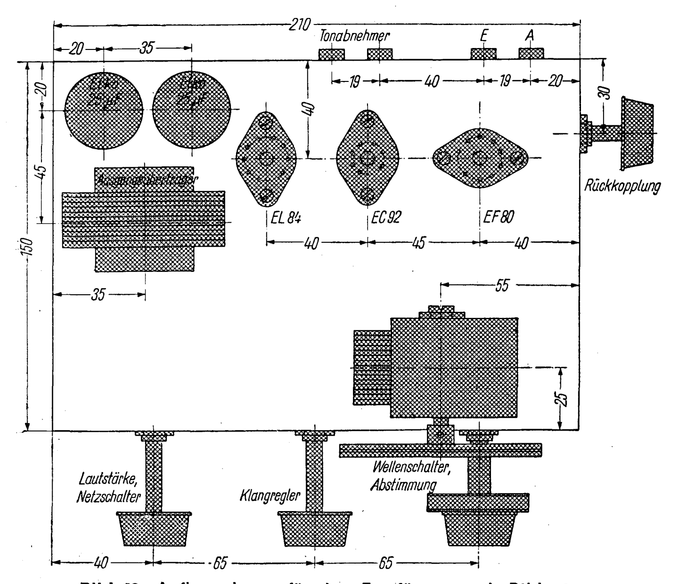


Bild 42 Aufbauschema für den Empfänger nach Bild 40

als Leistungsverstärker und speist über einen Ausgangsübertrager den Lautsprecher.
Die Betriebsgleichspannung wird einem Einweggleichrichter entnommen. Der dem Selengleichrichter parallelgeschaltete Kondensator C_{15} dient zur Unterdrückung des sogenannten „abstimmbaren" Netzbrummens. – Die Erregerspule des elektrodynamischen Lautsprechers bildet mit den Elektrolytkondensatoren C_{16} und C_{17} die Siebkette.
Um dem Anfänger einen Einblick in ein mustergültiges Aufbauschema zu geben und zu Übungszwecken das vergleichende Lesen eines Schaltbildes und des entsprechenden Verdrahtungsplanes zu ermöglichen, sind beide Pläne für das besprochene Gerät abgebildet (Bild 42, 43).

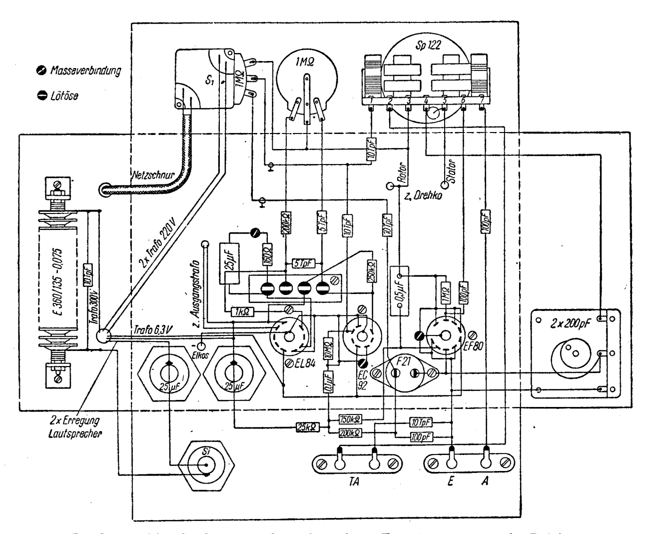


Bild 43 Verdrahtungsplan für den Empfänger nach Bild 40

2. Überlagerungsempfänger

Der Überlagerungsempfänger, meist als Super oder Superhet bezeichnet, hat gegenüber dem Geradeausemp-

fänger wesentliche Vorzüge. Neben einer weitaus größeren Trennschärfe wird mit dem Super – bei einfacher Bedienung – auch eine bessere Empfindlichkeit erzielt. Es ist somit verständlich, daß sich diese Schaltung heute allgemein durchgesetzt hat.

Zu den im Geradeausempfänger vorhandenen Stufen kommen beim Super die Mischstufe und die Zwischenfrequenzverstärkerstufe(n) hinzu. – Die Empfangsfrequenz gelangt unmittelbar, oder über einen HF-Vorverstärker verstärkt, zur Mischstufe. Hier wird die Eingangsfrequenz mit einer im Oszillatorsystem der Mischröhre erzeugten Hilfsfrequenz (Oszillatorfrequenz) überlagert. Es entsteht eine neue Frequenz, die Zwischenfrequenz. Sie hat einen konstanten Wert und beträgt bei AM-Rundfunkempfang etwa 470 kHz. Im ZF-Verstärker, der ein- oder mehrstufig aufgebaut ist, erfährt die Zwischenfrequenzspannung eine Verstärkung und gelangt zum Demodulator. Diesem schließt sich der übliche NF- und Endverstärker an.

2.1 8-Kreis/4-Röhren-Mittelsuper für Amateurzwecke*)

Das Schaltbild ist, im Gegensatz zu den meisten Industrieschaltzeichnungen, sehr übersichtlich und deshalb als Übungsbeispiel für das Schaltbildlesen gut geeignet.

Dieses Gerät, das aus abstimmbarer Vorstufe, Mischstufe und Oszillator, 1. und 2. Zwischenfrequenzverstärker-, Demodulatorstufe, abschaltbarem Telegrafieüberlagerer und Endverstärker besteht, ist ein Kurzwellensuper für Telefonie- und Telegrafie-Empfang. Naturgemäß enthält der Empfänger einige Besonderheiten, die wir im üblichen Rundfunkgerät nicht vorfinden (Bild 44).

Bemerkenswert ist der Anschluß des Gitters der HF-Vorröhre an einer Anzapfung des Schwingkreises. Diese Maßnahme ist wegen der geringeren Bedämpfung des Eingangskreises immer zu empfehlen. – Der kleine Kondensator von 5 pF zwischen Steuergitter und Anode der Röhre 3 (ZF-Verstärker- und Demodulatorröhre) bewirkt eine Rückkopplung, die eine Bandbreiteverringerung und mithin eine Trennschärfe-

---

*) Nach „Amateurfunk“ (Handbuch des Kurzwellenamateurs) 2. Auflage, Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin, 1958.

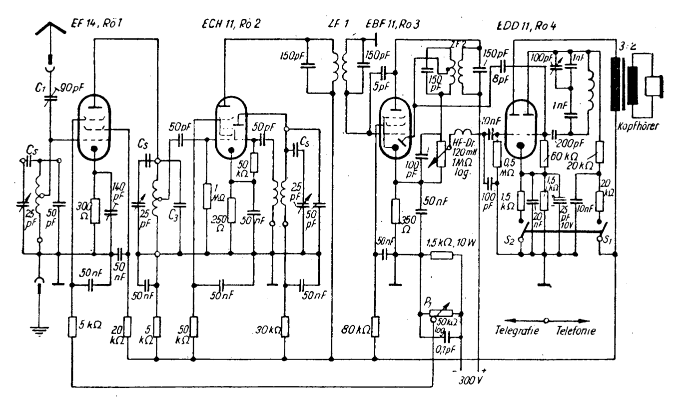


Bild 44 Schaltbild eines 8-Kreis/4-Röhren-Amateursupers

erhöhung bewirkt. Beim Amateur-Kurzwellen-Empfang wird neben großer Empfindlichkeit eine optimale Trennschärfe angestrebt, die naturgemäß nur auf Kosten der Wiedergabegüte erzielt werden kann. Ein echter Amateurempfänger ist daher für Musikwiedergabe nicht geeignet! Bei Telegrafie-Empfang (Empfang von A_1-Signalen = Telegrafie tonlos $\hat{=}$ nichtmodulierter Träger, der im Rhythmus der Morsesignale ausgestrahlt wird) ist zur Hörbarmachung der Zeichen ein Telegrafie-Überlagerer erforderlich. Dieser umfaßt das zweite System der Doppeltriode EDD 11 (Rö 4) mit dem zugehörigen Schwingkreis. Das Gitter dieser Röhre liegt über der kleinen Kapazität von 8 pF an der Diode des Demodulators (Rö 3). Der Überlagerer wird beim Empfang modulierter Signale abgeschaltet.

Preis 1,90 DM